

**Przetwórstwo**  
**mięsa drobiu -**  
**podstawy**  
**biologiczne i**  
**technologiczne**



# Przetwórstwo mięsa drobiu - podstawy biologiczne i technologiczne

Praca zbiorowa  
pod redakcją  
Teresy Smolińskiej  
i Wiesława Kopcia



*Autorzy:*

Łukasz Bobak, Jarosław Buško, Renata Cegielska-Radziejewska, Jolanta Tomaszewska-Gras,  
Jacek Kijowski, Wiesław Kopeć, Małgorzata Korzeniowska, Maciej Oziembłowski, Jan Pikul,  
Teresa Skiba, Teresa Smolińska, Krystyna Szybiga, Ewa Świerczewska,  
Alicja Żechałko-Czajkowska

*Opiniodawcy:*

Prof. dr hab. Jan Uradziński  
Prof. dr hab. dr h.c. Stanisław Wężyk  
Prof. dr hab. Teresa Skrabka-Błotnicka

Redaktorzy merytoryczni:

Prof. dr hab. Wiesław Kopeć  
Prof. dr hab. Teresa Smolińska

Opracowanie redakcyjne  
mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

Korekta:

mgr Ewa Jaworska  
Janina Szydłowska

Łamanie

Teresa Alicja Chmura

Projekt okładki

Dawid Liberkowski  
www.yondesign.net

Publikacja dofinansowana przez Dziekana Wydziału Nauk o Żywności,  
Katedrę Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością  
oraz firmy: „Bomadek” Sp. z o.o., PPH Ubój i Przetwórstwo Indyka Joanna Giżewska.

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2009

ISBN 978-83-60574-78-2

**WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU**

**Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki**  
**ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel./fax 71 328-12-77**  
**e-mail: wyd@up.wroc.pl**

Nakład 300+16 egz. Ark. wyd. 36,4. Ark. druk. 29,25  
Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna  
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

# SPIS TREŚCI

Przedmowa .....	7
1. Rozwój rynku drobiu w Polsce oraz jego perspektywy..... <i>Krystyna Szybga</i>	9
2. Podstawy hodowli i warunków chowu drobiu rzeźnego .....	37
<i>Ewa Świerczewska</i>	
3. Podstawy żywienia drobiu rzeźnego.....	59
<i>Ewa Świerczewska</i>	
4. Podstawy budowy anatomicznej ciała oraz charakterystyka morfologiczna mięśni ptaków .....	79
<i>Teresa Smolińska, Małgorzata Korzeniowska</i>	
5. Białka mięśniowe .....	99
<i>Jacek Kijowski, Jolanta Tomaszewska-Gras</i>	
6. Przemiany poubojowe i kształtowanie cech jakościowych mięsa drobiu .....	129
<i>Teresa Smolińska, Wiesław Kopeć, Jacek Kijowski</i>	
7. Lipidy mięsa drobiowego.....	149
<i>Jan Pikul</i>	
8. Wartość odżywcza mięsa drobiu .....	179
<i>Teresa Smolińska, Małgorzata Korzeniowska, Alicja Żechańko-Czajkowska</i>	
9. Ubój i obróbka poubojowa a jakość mięsa drobiu.....	193
<i>Wiesław Kopeć, Łukasz Bobak</i>	
10. Utrwalanie mięsa drobiu z wykorzystaniem metod obróbki termicznej .....	245
<i>Teresa Smolińska, Teresa Skiba</i>	
11. Utrwalanie mięsa drobiu za pomocą niskich temperatur.....	263
<i>Teresa Smolińska</i>	
12. Utrwalanie mięsa drobiu metodami chemicznymi i biologicznymi.....	289
<i>Teresa Smolińska, Małgorzata Korzeniowska</i>	
13. Niekonwencjonalne metody utrwalania mięsa drobiu.....	307
<i>Wiesław Kopeć, Maciej Oziębłowski</i>	
14. Podstawy przetwarzania mięsa drobiowego.....	321
<i>Wiesław Kopeć, Jarosław Buśko</i>	
15. Nowoczesne technologie produkcji wędlin i przetworów drobiowych .....	351
<i>Wiesław Kopeć, Jarosław Buśko</i>	
16. Żywność wygodna – nowy kierunek w produkcji drobiarskiej.....	397
<i>Teresa Smolińska</i>	
17. HACCP: system zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego w przemyśle drobiarskim .....	409
<i>Jacek Kijowski, Renata Cegielska-Radziejewska</i>	
INDEX .....	459



## Przedmowa

Produkcja i przetwórstwo mięsa drobiu jest przyszłościową gałęzią przemysłu spożywczego z uwagi na duże zainteresowanie konsumentów walorami dietetycznymi tego rodzaju mięsa, które znajduje odbicie w ciągłym wzroście jego spożycia. Jednym z głównych zadań współczesnego drobiarstwa jest uzyskanie produktów finalnych o powtarzalnym standardzie jakościowym, zapewniających bezpieczeństwo zdrowotne i atrakcyjnych sensorycznie. Zadanie to jest złożone, ponieważ intensyfikacja produkcji prowadzi m.in. do nasilenia częstotliwości występowania odchyleń jakościowych mięsa drobiu

Rozwój przetwórstwa mięsa drobiu jest uwarunkowany wdrożeniem nowoczesnych technik i technologii utrwalania, pakowania oraz dystrybucji produktów finalnych. Intensywny model życia współczesnych konsumentów powoduje minimalizowanie nakładu czasu na przygotowywanie posiłków, z drugiej strony postępująca edukacja żywieniowa zwiększa wymagania konsumentów poszukujących w żywności walorów prozdrowotnych. Dlatego tzw. żywność funkcjonalna i wygodna wyznaczają aktualnie kierunek postępu technologicznego i, zwłaszcza w przetwórstwie mięsa drobiowego, będą w najbliższej przyszłości dynamicznie się rozwijać. Tak ukierunkowana produkcja drobiarska wymaga wysoko wykwalifikowanej młodej kadry fachowców kształconej w jednostkach szkolnictwa wyższego. Niniejszy podręcznik, przygotowany przez autorów z trzech ośrodków akademickich, jest przeznaczony dla studentów uniwersytetów przyrodniczych: wydziałów Nauk o Żywności, kierunków Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, Towaroznawstwo, Biotechnologia, studentów wydziałów Medycyny Weterynaryjnej i Biologii i Hodowli Zwierząt oraz wszystkich nauk pokrewnych. Ponadto podręcznik może być przydatny słuchaczom studiów podyplomowych, doktoranckich z zakresu drobiarstwa oraz pracownikom wybranych działów branży drobiarskiej.

W imieniu zespołu autorskiego

***Teresa Smolińska***

***Wiesław Kopeć***





# 1.

## ROZWÓJ RYNKU DROBIU<sup>1</sup> W POLSCE ORAZ JEGO PERSPEKTYWY

*Krystyna Szybiga*

### 1.1. Wprowadzenie

Rynek drobiu w Polsce należy do istotnych segmentów rynku rolnego. Drób ma coraz większe znaczenie w bilansie żywnościowym kraju, a jego spożycie systematycznie wzrasta. O ile w roku 1990 w Polsce spożywano ponad dwukrotnie mniej mięsa drobiowego w przeliczeniu na 1 mieszkańca niż w Unii Europejskiej, to w roku 2002 różnica ta wynosiła tylko 10%, a już w 2005 r. w Polsce spożywano nieznacznie więcej drobiu niż przeciętnie w UE [25]. Polska przoduje w zakresie produkcji tego gatunku mięsa wśród dziesięciu krajów Europy Środkowo-Wschodniej, które przystąpiły do UE w 2004 r.

Polski rynek drobiu cechuje duża zmienność. W pierwszych latach transformacji systemowej (1989–1993) zmiany polegały głównie na prywatyzacji sektora, jego liberalizacji, a następnie odbudowywaniu regulacji rynku, a także ochronie przed konkurencją zewnętrzną. W kolejnych latach następowała koncentracja produkcji, wzrost przemysłowego przetwórstwa drobiu i wzrost spożycia mięsa drobiowego. Jednocześnie podjęto trud dostosowania tego rynku do wymagań związanych z integracją z Unią Europejską, polegających na regulacjach prawnych w zakresie wymogów sanitarno-weterynaryjnych, dokumentacji produkcyjnej i handlowej, systemu informacji, systemu licencji eksportowych i importowych etc. [8, 24].

W rozważaniach na temat polskiego rynku drobiu nie sposób pominąć aspektu globalizacji gospodarki oraz konkurencyjności, co wymusza na polskich przedsiębiorstwach nowe podejście do zarządzania strategicznego i przyjęcie koncepcji, której podstawą jest kreowanie wzajemnego współistnienia przedsiębiorstw z otoczeniem [33]. Konkurencyjność polskiego sektora drobiarskiego jest uwarunkowana: kondycją poszczególnych przed-

---

<sup>1</sup> Analiza obejmuje jeden segment sektora drobiarskiego, a mianowicie rynek drobiu. Ekonomiczne i organizacyjne aspekty rynku jaj omówione są w podręczniku: „Jajczarstwo. Nauka. Technologia. Praktyka”, pod red. T. Trziszki [45].

siębiorstw, ich potencjałem wytwórczym, poziomem koncentracji produkcji i wyposażenia technicznego, sprawnością zarządzania oraz wysoką jakością produkcji.

Podjęmowanie strategicznych decyzji wymaga oceny sytuacji wewnętrznej przedsiębiorstwa, znajomości otoczenia bliższego przedsiębiorstwa (m.in. branży, w której funkcjonuje przedsiębiorstwo) oraz oceny otoczenia dalszego (obejmującego otoczenie naturalne, makroekonomiczne, technologiczne, polityczno-prawne, socjokulturowe itp.). Szczególnie istotne jest poznanie preferencji nabywców i konkurencji analizowanego przedsiębiorstwa [43].

W powyższych decyzjach przydatna jest metoda kompleksowej oceny przedsiębiorstwa, tzw. analiza SWOT<sup>2</sup>, która polega na określeniu szans i zagrożeń stwarzanych przez otoczenie oraz mocnych i słabych stron ocenianego przedsiębiorstwa [45]. Metoda ta pozwala na kompleksową analizę czynników determinujących potencjał rozwojowy przedsiębiorstwa.

Tendencje do globalizacji gospodarki w skali świata mają istotny wpływ na polską gospodarkę żywnościową (w tym rynek drobiu). Nasilenie procesu globalizacji wiąże się z koniecznością monitorowania światowych rynków branżowych i ich wykorzystania w bieżącym zarządzaniu, jak i planowaniu strategicznym przedsiębiorstw.

Procesy globalizacji nadają inny sens znaczeniu bezpieczeństwa żywnościowego, które obok tradycyjnie rozumianej samowystarczalności żywnościowej pojmowane jest jako bezpieczeństwo ekonomiczne, wiążące się z uzyskiwaniem przez społeczeństwo wysokich i stabilnych dochodów oraz jako bezpieczna żywność, czyli żywność o wysokiej jakości i zdrowotności [55], czego głównym gwarantem jest system analizy zagrożeń i krytycznych punktów kontroli HACCP (ang. Hazard Analysis and Critical Control Points), wymagany we wszystkich fazach produkcji i przetwórstwa żywności.

### 1.1.1. Światowe trendy rozwojowe rynku mięsa drobiu<sup>3</sup>

Z badań światowego rynku wynika, iż w latach 1970–2006 produkcja mięsa drobiowego wzrosła ponad 5-krotnie, wobec niespełna 3-krotnego wzrostu produkcji mięsa wieprzowego i 1,5-krotnego wołowego (tab. 1.1).

Dynamicznie rozwijał się też handel mięsem drobiowym, który wzrastał szybciej niż produkcja. Na przykład, w latach 1970–2005 eksport drobiu wzrósł blisko 20-krotnie [56]. W latach 1990–2006 światowa produkcja mięsa drobiowego zwiększyła się z 41 mln t do 85,2 mln t, tj. o 108% (tab. 1.2).

Znaczącymi producentami drobiu są takie kraje, jak: Stany Zjednoczone, Chiny, Brazylia, Meksyk, Francja, Indie, Wielka Brytania, Tajlandia i Kanada. W USA produkcja mięsa białego w latach 1990–2006 zwiększyła się z 10,8 do 19,2 mln t, ale udział w światowej podaży mięsa obniżył się z 26 do 23% (tab. 1.3).

<sup>2</sup> SWOT jest akronimem słów: strengths, weaknesses, opportunities, threats – atuty, słabości, szanse i zagrożenia.

<sup>3</sup> Ze względu na brak kompletnych danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) za lata 1990–2006 dotyczących sektora drobiarskiego oparto się na informacjach publikowanych przez Organizację ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO), które różnią się od danych gromadzonych przez GUS.

Największy wzrost produkcji mięsa drobiowego w analizowanych latach notowano w Indiach (o 456%), Chinach (o 321%), Brazylii (o 260%) i Meksyku (o 209%). Tendencje wzrostowe występowały też w Unii Europejskiej i wielu innych krajach [4]. Generalnie można stwierdzić, że udziały w rynku utraciły Ameryka Północna i Środkowa oraz Europa na rzecz Ameryki Południowej i Azji. Jakkolwiek USA jest ciągle liderem na rynku drobiu, to obserwuje się jednak stały wzrost znaczenia krajów rozwijających się, których udział w globalnym rynku drobiu przekroczył 55%. Do najbardziej ekspansywnych i rozwijających się krajów w tym zakresie należą Chiny i Brazylia [56].

Tabela 1.1

## Produkcja światowa mięsa

Wyszczególnienie	Mięso wołowe		Mięso wieprzowe		Mięso drobiowe		Razem	
	(tys. t)	1970 =100	(tys. t)	1970 =100	(tys. t)	1970 =100	(tys. t)	1970 =100
1970	38 349	100	35 799	100	15 101	100	89 249	100
1975	43 724	114	41 674	116	18 684	124	104 082	117
1980	45 568	119	52 683	147	25 965	172	83 202	93
1985	49 285	129	59 973	168	31 206	207	140 464	157
1990	53 363	139	69 873	195	41 041	272	164 277	184
1995	54 207	141	80 091	224	54 771	363	189 069	212
2000	56 951	149	90 095	252	69 191	458	216 237	242
2005	59 928	156	103 497	289	83 960	556	247 385	277
2006	61 033	159	105 604	295	85 230	564	251 867	282

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: dane z lat 1970–2000 [56], z lat 2005–2006 [16]

Tabela 1.2

## Produkcja mięsa drobiowego na świecie (tys. ton)

Wyszczególnienie	1990	1995	2000	2002	2003	2004	2005	2006
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Świat	41 024,3	54 714,5	69 213,1	74 612,4	76 394,5	78 225,2	83 960,0	85 229,5
Afryka	2 027,5	2 407,7	3 085,8	3 407,9	3 439,6	3 476,6	3 650,4	3 689,2
Republika Południowej Afryki	537,9	604,2	821,4	953,3	965,6	977,4	1 041,0	1 063,5
Iran	395,2	658,7	822,7	812,1	829,7	839,7	1 172,4	1 175,6
Egipt	271,5	406,8	618,8	652,2	652,2	652,2	740,5	740,5
Azja	–	17 157,2	23 345,1	25 119,9	26 012,9	25 833,3	28 981,1	29 994,3
Chiny	3 740,0	8 674,0	12 872,9	13 262,0	13 670,9	13 642,4	15 289,3	15 761,2
Indie	371,5	623,5	1 135,9	1 459,8	1 662,4	1 715,0	1 965,0	2 065,0
Tajlandia	667,8	1 007,2	1 194,2	1 413,8	1 290,8	964,1	992,5	1 142,5
Ameryka Południowa	3 900,6	6 933,5	9 751,2	11 017,6	11 607,1	12 719,3	16 767,7	16 967,2
Brazylia	2 421,6	4 153,7	6 124,8	7 239,2	7 967,3	8 895,3	8 729,5	8 729,5
Argentyna	371,8	817,3	1 000,3	742,3	781,4	928,2	1 050,7	1 196,7
Wenezuela	259,6	444,9	681,1	865,2	644,3	732,0	739,4	739,4

Tabela 1.2 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Północna i Środkowa Ameryka	12 849,3	16 721,7	20 321,3	21 534,9	21 792,7	22 405,5	23 501,2	23 603,1
USA	10 758,6	13 827,2	16 415,6	17 310,9	17 503,8	18 002,5	19 095,6	19 204,3
Meksyk	792,5	1 314,5	1 862,9	2 123,3	2 204,1	2 297,5	2 478,5	2 448,7
Kanada	733,3	870,1	1 064,4	1 110,5	1 091,3	1 103,3	1 163,8	1 168,4
Oceania	483,2	596,8	767,1	849,1	878,2	871,0	987,4	983,8
Australia	412,6	489,0	643,2	702,4	724,7	715,6	798,3	810,9
Europa	–	10 897,6	11 942,6	12 682,8	12 664,0	12 919,5	13 228,8	13 136,5
Unia Europejska 15	6 510,7	7 969,8	8 801,2	8 860,9	8 740,4	8 881,0	8 611,9	8 377,0
Francja	1 604,6	2 071,5	2 220,8	2 104,6	2 010,7	2 007,4	1 697,3	1 556,3
Wielka Brytania	989,0	1 405,0	1 513,2	1 530,7	1 570,0	1 518,4	1 625,4	1 625,8
Włochy	1 102,8	1 093,9	1 088,8	1 069,0	1 022,8	1 040,0	1 029,5	935,1
Nowe kraje członkowskie UE	810,1	1 151,6	1 536,5	1 801,7	1 777,6	1 839,5	1 988,8	1 945,4
Polska	333,0	383,6	584,9	807,3	781,0	821,0	1 015,2	995,2
Węgry	450,5	387,0	470,0	479,6	438,6	458,6	433,2	422,5

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z lat 1990–2004 [15], z lat 2005–2006 [16]

Tabela 1.3

Udział wybranych krajów w światowej produkcji mięsa drobiowego (%)

Wyszczególnienie	USA	UE (15)	Chiny	Brazylia	Francja	Polska
1990	26	16	9	6	4	1
1991	26	16	10	6	4	1
1992	26	16	11	7	4	1
1993	26	15	13	7	4	1
1994	26	15	14	7	4	1
1995	25	15	16	8	4	1
1996	26	15	16	7	4	1
1997	25	14	17	8	4	1
1998	24	14	18	8	4	1
1999	25	13	18	9	3	1
2000	24	13	19	9	3	1
2001	23	13	18	9	3	1
2002	23	12	18	10	3	1
2003	23	11	18	10	3	1
2004	23	11	17	11	3	1
2005	23	10	18	10	2	1
2006	23	10	18	10	2	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z lat 1990–2004 [15], z lat 2005–2006 [16]

Mięso drobiowe produkowane i konsumowane jest na całym świecie, a dominującymi gatunkami są kurczęta i indyki. W produkcji drobiu od ponad 40 lat kurczęta stanowią ok. 86%, indyki 7%, kaczki 4%, a gęsi 3% [15]. Ubój kurcząt w latach 1990–2006 wzrósł z 27,1 do 48,8 mld sztuk, tj. o 80%. Najwięksi producenci kurcząt, tj. USA, Chiny i Brazylia, w roku 2006 uzyskały 51,3% światowej produkcji.

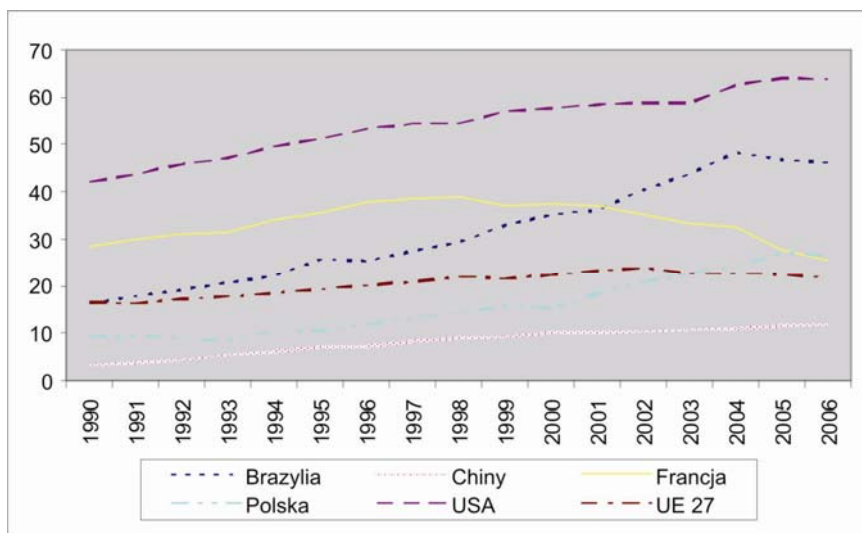
Produkcja mięsa z indyków w latach 1990–2006 wzrosła o 55%. Krajami przodującymi w chowie indyków są USA i Francja. Stany Zjednoczone mają ponad 56-procentowy udział w globalnej produkcji mięsa indyczego, a Francja 9-procentowy.

W przypadku mięsa z kaczek wzrost produkcji w latach 1990–2006 wyniósł ok. 212%. W roku 2006 światowa produkcja stanowiła 3,8 mln t, z tego aż 70% produkcji (tj. 2,7 mln t) wytwarzano w Chinach. Produkcja mięsa gęsiowego w 2006 r. wynosiła 2,5 mln t, co w porównaniu z rokiem 1990 stanowi około trzykrotny wzrost. W światowej produkcji mięsa z gęsi dominują Chiny, wytwarzając ok. 94% światowej produkcji.

Analiza porównawcza w przeliczeniu na 1 mieszkańca dowodzi, że w latach 1990–2006 największą produkcję drobiu ogółem uzyskiwano w USA, Brazylii i Francji (rys. 1.1 i 1.2), a mięsa indyczego we Francji i w USA.

W krajach Piętnastki<sup>4</sup> najwięcej drobiu w 2006 r. produkowały: Wielka Brytania, Francja, Hiszpania, Niemcy i Włochy (tab. 1.4).

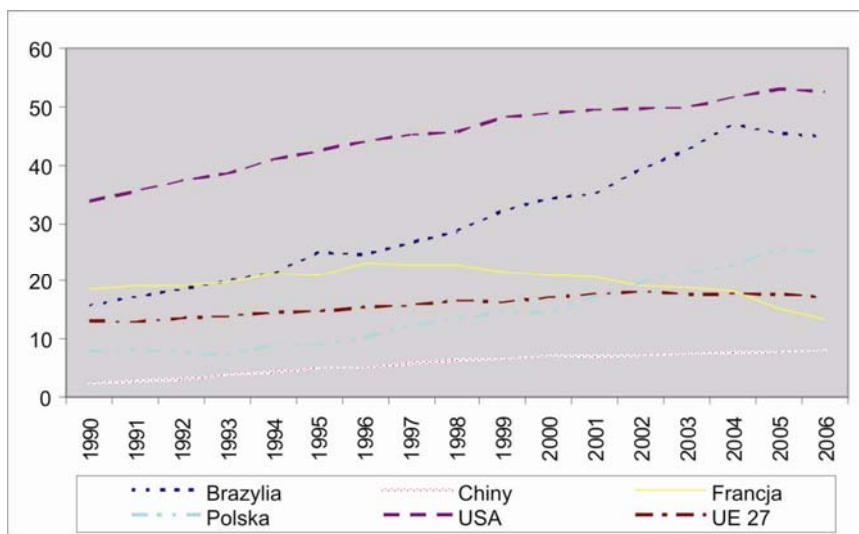
Z kolei w krajach UE-10 w roku 2006 w produkcji drobiu dominowały: Polska (51,9%), Węgry (21,7%) i Czechy (11,9%). Natomiast w produkcji indyków największy udział miały: Węgry (67,3%) i Polska (15,6%). Węgry były też największym, spośród analizowanej dziesiątki, producentem mięsa z gęsi (67,3%) i kaczek (58%), a udział Polski stanowił odpowiednio 18,2 i 23,4% [16].



Rys. 1.1. Produkcja mięsa drobiowego (kg na 1 mieszkańca).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16]

<sup>4</sup> Tj. krajach należących do UE przed rokiem 2004.



Rys. 1.2. Produkcja mięsa kurcząt (kg na 1 mieszkańca).  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16]

Tabela 1.4

Produkcja mięsa drobiowego w Unii Europejskiej (tys. ton)

Wyszczególnienie	1990	1995	2000	2005	2006
Unia Europejska 25	7 340,1	9 156,8	10 414,8	10 600,7	10 322,4
Unia Europejska 15	6 513,0	7 974,0	8 827,8	8 611,9	8 377,0
Austria	87,4	98,7	111,2	119,5	113,8
Belgia-Luxemburg	190,1	315,4	421,7	494,5	510,3
Dania	131,1	173,0	201,7	187,6	171,1
Finlandia	141,7	216,3	297,7	320,8	331,3
Francja	1 518,0	1 930,7	2 026,4	1 503,6	1 361,4
Niemcy	549,8	608,2	761,1	991,7	986,3
Grecja	159,8	163,2	154,0	146,4	146,4
Irlandia	91,3	99,8	123,3	132,6	132,6
Włochy	1 102,8	1 093,9	1 088,8	1 009,2	914,9
Holandia	535,6	645,9	781,7	703,5	710,5
Portugalia	129,4	217,4	268,1	243,3	238,4
Hiszpania	836,0	924,3	987,0	1 067,7	1 068,6
Szwecja	51,1	82,2	91,9	109,5	109,5
Wielka Brytania	989,0	1 405,0	1 513,2	1 581,9	1 581,9

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16]

W światowym handlu drobiem największymi eksporterami są Brazylia, Stany Zjednoczone i UE. Eksport mięsa drobiowego wzrósł w latach 1990–2005 z 2,4 do 9,2 mln t, a import zwiększył się z 2,0 do 8,4 mln t. Kluczowi importerzy drobiu to kraje UE, Rosja, Chiny, Meksyk, Arabia Saudyjska, Japonia [16].

Eksport brojlerów z Brazylii, według danych z 2007 r. opublikowanych przez United States Department of Agriculture (USDA), stanowił w roku 2006 ponad 73% ich produkcji, a większość produkcji brojlerów sprzedawano do Arabii Saudyjskiej i do krajów UE.

W eksporcie mięsa indyczego dominuje Unia Europejska i Stany Zjednoczone, a największe ilości tego mięsa importują kraje UE, Rosja i Meksyk. Na rynku kaczek liczącymi się eksporterami są kraje UE, Chiny i Tajlandia. Główni importerzy mięsa kaczego to kraje UE i Japonia. W eksporcie mięsa gęsiego dominują Polska, Chiny i Węgry, a najważniejszymi odbiorcami tego gatunku mięsa są Niemcy i Chiny, które są importerem netto [16].

Sytuacja na światowym rynku drobiu w zakresie importu i eksportu została w ostatnich latach zakłócona (szczególnie w latach 2004 i 2006) przez przypadki grypy ptaków, która występowała na fermach drobiu w krajach Azji Południowo-Wschodniej, głównie w Tajlandii, Chinach, w krajach UE, Afryce i w Stanach Zjednoczonych. Na przykład, załamaniu uległ eksport mięsa z brojlerów z Tajlandii (z 363 tys. t w 2003 r. do 5,46 tys. t w 2005 r.), który w latach prosperity eksportowej lokowany był na rynku japońskim i na rynkach unijnych [3, 16, 38]. Odbudowa wysokiego poziomu eksportu drobiu z krajów Azji (głównie Tajlandii) nastąpiła w wyniku sprzedaży mięsa poddanego obróbce termicznej. Udział tego rodzaju mięsa w światowym eksporcie rośnie i osiągnął ok. 13% całkowitej ilości sprzedanego mięsa drobiu w 2006 r. Wpływ epidemii grypy ptaków zarówno na spożycie, jak i międzynarodowy obrót mięsem jest co prawda znaczący (ok. 20-procentowy spadek eksportu w dwóch pierwszych kwartałach 2004 r. po ataku grypy ptaków w Azji), ale reakcja rynków na zaistniałą sytuację jest coraz słabsza przy kolejnych nawrotach epidemii (np. obniżenie światowego eksportu w roku 2006, po rozpoznaniu wielu przypadków w krajach UE, wynosiło już kilka procent) [48].

Według prognoz FAO światowa produkcja mięsa drobiowego wzrośnie w roku 2015 do 100 mln t, a w roku 2030 do 143 mln t. Wzrost produkcji drobiu prognozowany jest zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się [52].

Z prognozy dotyczącej sektora drobiarskiego zamieszczonej w rocznym raporcie za rok 2007 organizacji AVEC (Association of Poultry Processors and Poultry Trade in the EU Countries) wynika, że do roku 2014 nastąpi wzrost produkcji w krajach UE 27 (łącznie z Bułgarią i Rumunią) do poziomu 12 mln t. Założono też wzrost spożycia z 22 kg na 1 mieszkańca Unii w roku 2006 do 24,3 kg w roku 2014, głównie w wyniku wzrostu popytu w krajach Europy Środkowo-Wschodniej.

Istotnym czynnikiem wpływającym na faktyczny poziom produkcji i obrotu drobiem są jednak zakłócenia rynku spowodowane chorobami drobiu. Na przykład, według szacunków FAO tylko z powodu grypy ptaków w roku 2006 spożycie mięsa drobiowego zmniejszyło się w skali świata o 3 mln ton [56]. Trudno jest jednak przewidzieć w sporządzanych prognozach długookresowych występowanie takich zjawisk i ich wpływ na skalę realizowanej produkcji i dystrybucji.

## 1.2. Charakterystyka polskiego rynku drobiarskiego

### 1.2.1. Kierunki zmian w zakresie produkcji drobiu

Produkcja żywca drobiowego w Polsce wzrosła z 474 tys. t w roku 1990 do 1482 tys. t w roku 2006. W tym samym okresie towarowość, liczona jako iloraz skupu i produkcji żywca, zwiększyła się z 65 do ponad 85% (tab. 1.5).

Tabela 1.5

Towarowość żywca drobiowego w Polsce

Wyszczególnienie	Skup żywca drobiowego według wagi żywej (tys. ton)	Produkcja żywca drobiowego według wagi żywej (tys. ton)	Towarowość (%)
1990	306,5	474	64,7
1991	295,4	490	60,3
1992	306,5	460	66,6
1993	242,1	412	58,8
1994	284,2	475	59,8
1995	324,3	478	67,8
1996	421,5	557	75,7
1997	509,8	677	75,3
1998	616,6	742	83,1
1999	695,5	819	84,9
2000	721,5	834	86,5
2001	906,2	994	91,2
2002	1029	1134	90,7
2003	1123,3	1228	91,5
2004	1209,9	1309	92,4
2005	1309,3	1452	90,2
2006	1268,8	1482	85,6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [39]

W Polsce następują istotne zmiany w strukturze produkcji żywca drobiowego. O ile w 1993 r. jeszcze 33% żywca pochodziło ze stad drobnotowarowych, to w roku 1999 odsetek ten zmalał do 14%, a w roku 2007 do 10,6% (tab. 1.6). W produkcji fermowej 73% żywca drobiowego stanowiły kurczęta a 24% indyki (rys. 1.3).

Produkcja mięsa drobiowego ogółem w kraju w latach 1990–2007 wzrosła ok. 3-krotnie, osiągając poziom ok. 1070 tys. t (rys. 1.4).

Produkcja kurcząt charakteryzuje się dużym rozproszeniem, biorąc pod uwagę jej przestrzenne rozmieszczenie, i prawie w całości prowadzona jest przez podmioty prywatne.



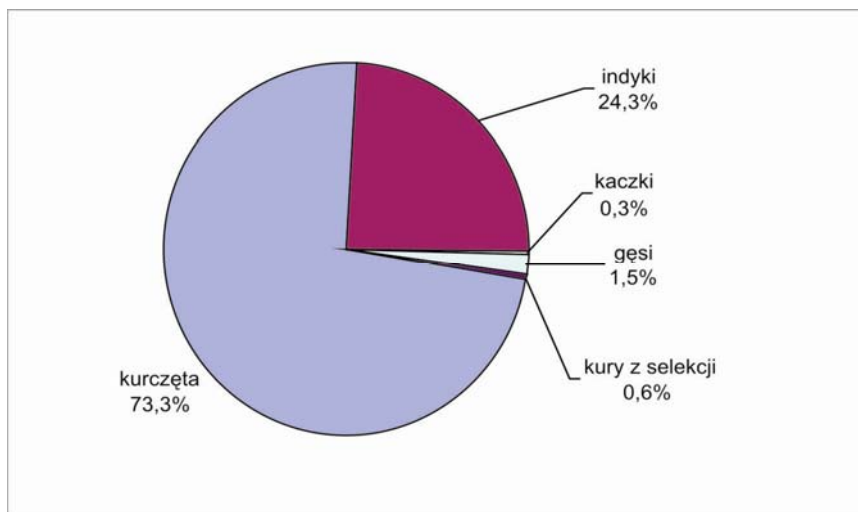
Tabela 1.6

## Produkcja żywca drobiowego w Polsce według gatunków (tys. ton)

Wyszczególnienie	Produkcja fermowa						Produkcja przyzagrodowa	Ogółem
	Ogółem	kurczęta	indyki	kaczki	gęsi	kury z selekcji		
1993	292	220	33	10	19	10	145	437
1994	320	250	40	6	18	6	160	480
1995	360	260	65	7	19	9	160	520
1996	435	309	91	5	23	7	150	585
1997	535	375	122	5	25	8	145	680
1998	635	450	145	6	26	8	110	745
1999	700	537	126	5	24	8	110	810
2000	755	556	176	5	20	9	75	830
2001	910	650	224	5	22	9	84	994
2002	1030	735	247	7	31	10	104	1134
2003	1123	835	255	5	22	6	105	1228
2004	1203	890	278	5	22	8	105	1308
2005	1310	970	303	5	23	9	140	1450
2006	1350	995	320	4	21	10	150	1500
2007*	1385	1015	336	4	21	9	165	1550

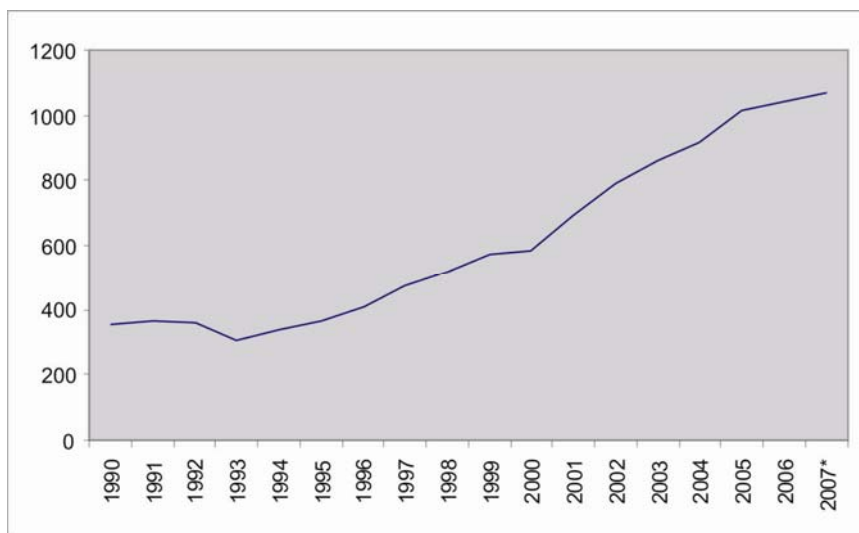
\* dane nieostateczne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [41]



Rys. 1.3. Struktura fermowej produkcji żywca drobiowego w roku 2006.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [41]



\* – dane nieostateczne

Rys. 1.4 Produkcja mięsa drobiowego w Polsce (tys. t).  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [41]

Wiodącymi regionami w produkcji indyków są: woj. warmińsko-mazurskie (w którym użytkowanych jest ok. 80% stad rodzicielskich) i rejon lubusko-wielkopolski [23]. Najwyższą dynamikę osiągnęła produkcja mięsa indyczego<sup>5</sup>, a mianowicie z ok. 20 tys. t na początku lat 90. do 220 tys. t w roku 2002, tj. 11-krotnie. Tym samym udział Polski w światowej produkcji mięsa indyczego wynosił 4,4% [32].

Produkcja drobiu wodnego ma w Polsce długą tradycję i może stanowić szansę rozwoju tej branży oraz znacznego zwiększenia eksportu mięsa drobiowego [26]. Szczególnie znacznie mają tzw. gęsi „owsiane”, które są polską specjalnością, a ich chów prowadzony jest głównie w południowej Wielkopolsce, rejonie kujawsko-pomorskim i północno-wschodniej Polsce [18], a wielkość produkcji wynosi ok. 20 tys. t rocznie, w tym eksport 16–19 tys. t.

Nowym kierunkiem produkcji żywca drobiowego jest chów strusi, który na skalę przemysłową rozpoczęto w 1993 roku. Do 2002 r. powstało ok. 550 ferm strusich utrzymujących 19 tys. ptaków, a od 2002 r. sprzedaż mięsa strusiego prowadzona była przez sieci supermarketów i sklepy detaliczne [21]. Według szacunków prof. Horbańczuka<sup>6</sup> z Polskiej Akademii Nauk – pod koniec 2005 r. ilość ferm zmniejszyła się do ok. 500. Prognozowany jest dalszy wzrost koncentracji produkcji. Nastąpiła też zmiana kierunków dystrybucji mięsa strusiego, które po wejściu Polski do UE w 90% sprzedawane jest na rynku wspólnotowym.

<sup>5</sup> Główny Urząd Statystyczny do roku 2004 udostępniał jedynie dane dotyczące produkcji mięsa drobiowego ogółem, dlatego też nie ma możliwości dokonania analizy porównawczej tej produkcji w analizowanych latach z podziałem na poszczególne jego gatunki (wg danych GUS).

<sup>6</sup> Prof. dr hab. Jarosław Olav Horbańczuk jest pracownikiem Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN. Zainteresowanych tematyką chowu strusi odsyłamy do licznych publikacji tego autora.

### 1.2.2. Handel zagraniczny

Obroty handlu zagranicznego mięsem drobiowym w latach 2003–2007 zestawiono w tabeli 1.7.

Tabela 1.7

Obroty handlu zagranicznego mięsem drobiowym w Polsce (w mln euro)

Wyszczególnienie	Eksport	Import	Saldo
2003	245,5	43,3	202,2
2004	282,2	93,8	188,4
2005	411,8	97,1	314,7
2006	463,3	103,4	359,9
2007*	553,9	111,1	442,8

\* dane nieostateczne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [41]

Wyraźny wzrost eksportu i dodatniego salda obrotów odnotowano bezpośrednio po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej [44]. W strukturze eksportu w tym roku dominowały gęsi (47%) i indyki (25%) [25]. W porównaniu do UE polski handel zagraniczny drobiem był niewielki. Na przykład, w 2002 r. eksport wynosił jedynie 1,5%, a import 1,2% wielkości unijnych, co w zestawieniu z poziomem produkcji świadczyło o istniejących możliwościach w zakresie zwiększania wymiany handlowej, w tym również z krajami UE (udział produkcji drobiu w Polsce w relacji do UE wynosił 9,2%). Należy jednak podkreślić obniżenie dynamiki wzrostu eksportu do krajów UE od roku 2006 [41].

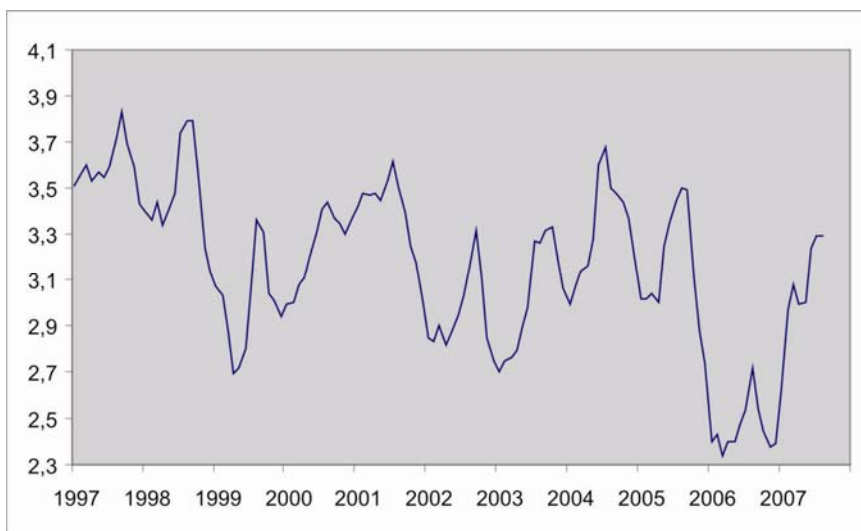
Mięso drobiowe i jego przetwory są sprzedawane głównie do krajów UE, w tym do Niemiec. Innymi rynkami zbytu dla polskiego drobiarstwa były m.in. Rosja (z przerwą w latach 2006–2007) i państwa Europy Środkowo-Wschodniej. Również w imporcie mięsa drobiowego znaczącą pozycję mają kraje Unii – głównie Holandia. W roku 2003 Polska po raz pierwszy importowała mięso drobiowe z Brazylii i Tajlandii (ok. 0,5 tys. t), tj. krajów o największej dynamice wzrostu produkcji drobiarskiej [34].

Szczególną szansą jest umacnianie pozycji eksportowej artykułów drobiarskich na rynku niemieckim, który charakteryzuje się wskaźnikiem samowystarczalności w zakresie produkcji mięsa drobiowego na poziomie ok. 80%, a ceny mięsa drobiowego w Polsce są o ok. 36% niższe niż w Niemczech [14, 41, 46].

Funkcjonowanie w ramach Wspólnoty Europejskiej wiąże się również z występowaniem zagrożeń dla producentów drobiu, jak np. przyjęcie ustaleń Komisji WE w sprawie handlu z krajami trzecimi, w tym ustalenie wysokich kontyngentów importowych, zgodnie z układem ogólnym w sprawie tariff celnych i handlu z 1994 r. [GATT 1994]. Na przykład w roku 2007 koncesje eksportowe do Unii Europejskiej uzyskały Brazylia i Tajlandia na solone mięso drobiowe (264,2 tys. t), przetworzone mięso indyków (103,9 tys. t) i gotowane mięso kurcząt (230,5 tys. t) [40, 41].

### 1.2.3. Ceny mięsa drobiowego w Polsce

Opłacalność chowu drobiu, mierzona relacją ceny skupu żywca drobiowego do kosztów produkcji, ulegała istotnym zmianom. Na przykład, relacja ta w latach 1996–1998 wynosiła średnio 124%, a w następnych trzech latach obniżyła się do 106%. W porównywanych okresach roczna dynamika zmian cen skupu żywca zmalała ze 108 do 97, a cen detalicznych ze 107 do 101 [11, 12, 13]. W kolejnych latach, tj. 2002–2007, ceny skupu również ulegały znacznym wahaniom zarówno okresowym, jak i sezonowym<sup>7</sup>, co obrazuje rysunek 1.5.



Rys. 1.5. Ceny skupu żywca drobiowego (zł/kg).

Źródło: Dane z lat 1999–2005 wg GUS [39], z lat 2006 i 2007 na podstawie [41]

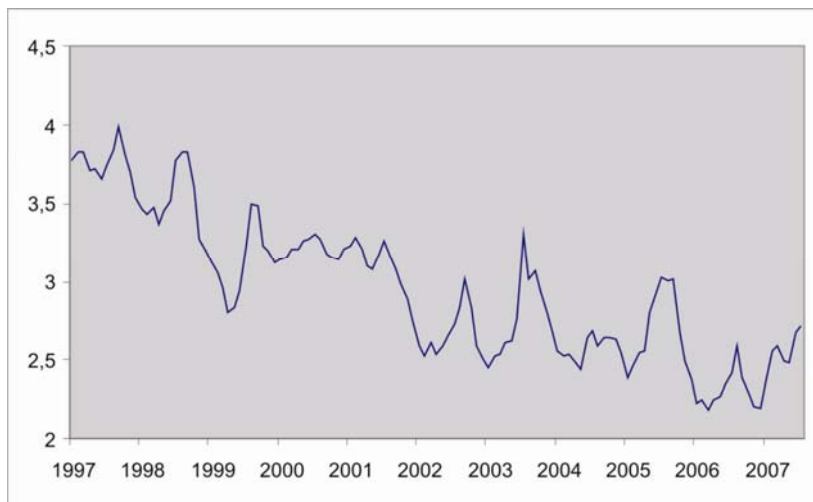
Porównanie poziomu cen skupu żywca z cenami mieszanek paszowych stosowanych w tuczu drobiu przedstawiono na rysunku 1.6.

Analiza cen skupu żywca drobiowego w latach 1997–2003 dowodzi, że ich poziom obniżył się o 16%, podczas gdy ceny realne zmniejszyły się aż o 34% [39, 41]. Pomimo występujących niekorzystnych, z punktu widzenia producentów drobiu, zmian następował stały rozwój sektora drobiarskiego.

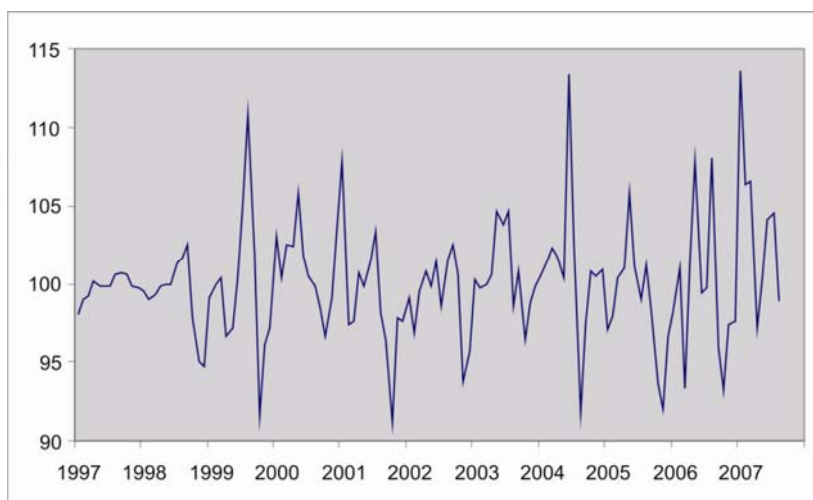
Szczegółowa ocena przyczyn tej sytuacji jest bardzo utrudniona, co wynika z uwarunkowań funkcjonowania rynków rolnych. Nawet w krótkim okresie, np. lat 2000–2005, zmiany czynników produkcji i powiązań elementów rynkowych były wielokierunkowe. W roku 2000 i pierwszym półroczu 2001 r. utrzymywała się dobra koniunktura na rynku drobiarskim, która miała miejsce pomimo drożnienia zbóż i obligatoryjnego wycofania z pasz przemysłowych mączek mięsno-kostnych. Sytuacja ta wiązała się ze wzrostem cen żywca

<sup>7</sup> Wahania sezonowe dotyczą jednego roku, a wahania okresowe kilku lat.

i popytu na mięso drobiowe wynikającym m.in. z obaw konsumentów przed BSE i pryszczycą [41]. Dużą zmiennością w skali roku charakteryzowały się też ceny detaliczne mięsa drobiowego. Największe ich spadki obserwuje się corocznie w listopadzie, a wzrost cen następuje w okresie wiosenno-letnim (rys. 1.7).



Rys. 1.6. Relacje cen skupu żywca drobiowego do cen mieszanki paszowej DK.  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: dane z lat 1999–2005 wg GUS [39],  
z lat 2006 i 2007 na podstawie [41]



Rys. 1.7. Dynamika cen detalicznych mięsa drobiowego.  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z lat 1999–2005 wg GUS [39],  
z lat 2006 i 2007 [41]

Z kolei analiza udziału poszczególnych segmentów rynku drobiarskiego w cenie detalicznej tuszki dowodzi, że w strukturze ceny dominował koszt zakupu żywca drobiowego (60,2%) i marża handlu detalicznego (21,9%). Wartość dodana przetwórstwa drobiarskiego stanowiła jedynie 2,1% ceny (tab. 1.8).

Tabela 1.8

Udział poszczególnych segmentów rynku drobiarskiego w cenie detalicznej tuszki  
na przykładzie roku 2002

Segment rynku	Procentowy udział w cenie detalicznej
Jajko – producent	7,3
Pisklę – wylęgarnia	8,5
Żywiec – ferma	60,2
Tuszka – przetwórnia	2,1
Tuszka – detal	21,9

Źródło: [12]

Korzystne zmiany dla producentów drobiu nastąpiły z chwilą akcesji do UE. Wolny dostęp do rynku wspólnotowego spowodował znaczący wzrost handlu drobiem. W porównaniu z rokiem 2003 ceny eksportowe drobiu były wyższe o 36%, a sprzedaż do krajów UE wzrosła o 8%, czyli jej udział w polskim eksporcie wyniósł 73%. Zwiększeniu uległy też ceny detaliczne mięsa drobiowego, nie powodując jednak ograniczenia konsumpcji, co wynikało z relatywnie niższych cen drobiu w porównaniu z innymi gatunkami mięsa. Jednocześnie w roku 2004, przy wyższych cenach drobiu niż w roku poprzednim, ceny pasz przemysłowych obniżyły się o ok. 23%, co miało decydujący wpływ na poziom kosztów produkcji drobiarskiej oraz jej opłacalności [46]. W 2005 r. rosnący eksport, jak też krajowy popyt na mięso drobiowe decydowały o utrzymującej się koniunkturze w sektorze drobiarskim. W ostatnim kwartale 2005 r. dobra koniunktura została jednak zakłócona przez choroby drobiu, co wywołało zmniejszenie sprzedaży na rynku krajowym oraz ograniczenie eksportu, a tym samym redukcję cen na wszystkich szczeblach obrotu i pogorszenie opłacalności produkcji. W połowie roku 2006 nastąpił ponowny wzrost spożycia mięsa drobiowego, a w ślad za rosnącym popytem zgodnie z prawem popytu i podaży rosły również ceny skupu i ceny detaliczne [41]. Niestety, pod koniec 2007 r. w rejonach Mazowsza oraz Warmii i Mazur wystąpiły ogniska grypy ptaków wywołanej najgroźniejszym szczepem wirusa, tj. H5N1. Spowodowało to konieczność likwidacji wielu zarażonych stad ptaków i ograniczenie eksportu mięsa drobiowego.

Przewiduje się, że w przyszłości ceny drobiu pozostaną konkurencyjne w relacji do cen innych mięs, oraz że znaczna część mięsa drobiowego i jego przetworów lokowana będzie nadal na rynkach unijnych, jak i na rynkach krajów trzecich [52].

#### 1.2.4. Przetwórstwo drobiu

W Polsce w latach 1990–2006 przetwórstwo drobiu uległo diametralnej zmianie w odniesieniu do organizacji, zakresu koncentracji produkcji jak i oferty asortymentowej oraz jakości produktów. W pierwszych latach reformy gospodarczej (1989–1992) następował proces przemieszczania uboju i przetwórstwa drobiu z dużych zakładów przemysłowych

do małych zakładów produkujących głównie na potrzeby lokalne. Od 1993 r. miała miejsce silna tendencja wzrostowa w zakresie uboju i przetwórstwa mięsa drobiowego. Proces prywatyzacji 32 zakładów o statusie przedsiębiorstw państwowych trwał do 1996 roku. Następowła modernizacja i restrukturyzacja branży drobiarskiej oraz koncentracja produkcji. Wyodrębniło się ok. 25 zakładów uważanych za liderów drobiarstwa. W roku 1999 ponad 80% produkcji pochodziło z przedsiębiorstw przemysłowych o dużej skali produkcji (zatrudniających ponad 50 pracowników). Jednym z istotnych czynników wzrostu produkcji przemysłu drobiarskiego był dopływ kapitału zagranicznego, głównie ze Stanów Zjednoczonych i Niemiec [7].

W latach 2000–2002 nakłady inwestycyjne w przemyśle drobiarskim wyniosły 66,9 mln USD, a ich wzrost w kolejnych latach związany był głównie z procesem dostosowania zakładów do wymogów sanitarno-weterynaryjnych Unii Europejskiej [25]. Szybko zwiększyła się liczba zakładów uprawnionych do handlu na wspólnym rynku, a tym samym liczba potencjalnych eksporterów. Ilość drobiarskich zakładów przetwórczych posiadających uprawnienia eksportowe wzrosła z 40 w styczniu 2004 r. do 210 w 2005 r., a na koniec 2007 r. było już ich 339, co stanowiło 70% ogółu zakładów drobiarskich w Polsce [5, 17, 51].

Do syntetycznej oceny ekonomicznej przemysłu drobiarskiego w latach 1991–2007 wykorzystano analizę wskaźnikową, posługując się wskaźnikami rentowności sprzedaż: brutto i netto oraz płynności bieżącej<sup>8</sup> (tab. 1.9, rys. 1.8).

Drastyczne pogorszenie rentowności tej branży (czemu towarzyszyła likwidacja przetwórstwa przemysłowego) nastąpiło w latach 1991–1993. Rentowność sprzedaży brutto, wyrażona wielkością zysku brutto przypadającego na 1 zł sprzedaży, obniżyła się z 5,3 do 0,2%. W następnych latach produkcja drobiarska utrzymywała się na granicy opłacalności, wykazując cykliczne wahania wskaźników rentowności od -1,27% w roku 1999 do 1,73 w roku 2005. Pomimo niskiej rentowności sprzedaży, dzięki krótkiemu cyklowi produkcyjnemu, a w związku z tym szybkim krążeniem środków obrotowych, płynność bieżąca, czyli zdolność regulowania bieżących zobowiązań była stosunkowo dobra, a do 1997 r. utrzymywała się nawet na zadowalającym poziomie powyżej 1,2 [8].

Pomimo stałego wzrostu przemysłowego przetwórstwa mięsa drobiowego jego struktura asortymentowa w ostatnich latach nie uległa wyraźnym zmianom. W roku 2007 produkcja wędlin, konserw i drobiowych wyrobów wędliniarskich wynosiła 161 tys. ton (tab. 1.10).

Analiza podaży mięsa drobiowego wskazuje, że ok. 73% mięsa drobiowego stanowiły kurczęta, 23% indyki, a pozostałe gatunki to zaledwie 4%. Kurczęta w 70% sprzedawane były w formie tuszek (w tym: 30% tuszek kurcząt dzielono na elementy).

Zmiany w sprzedaży drobiu dotyczą permanentnego zmniejszania udziału całych tuszek na rzecz elementów i przetworów. Przemysł drobiarski oferował w ostatnich latach ponad 200 asortymentów wyrobów. Wytwarzane produkty ulegają stałej poprawie atrakcyjności marketingowej w zakresie walorów smakowych, różnorodności, funkcjonalności, estetyki opakowań i jakości [8, 19].

<sup>8</sup> Rentowność sprzedaży brutto liczona jest jako iloraz zysku brutto i sprzedaży netto; rentowność sprzedaży netto jest relacją zysku netto do sprzedaży netto; współczynnik płynności bieżącej liczony jest jako relacja aktywów bieżących do pasywów bieżących [39].

Tabela 1.9

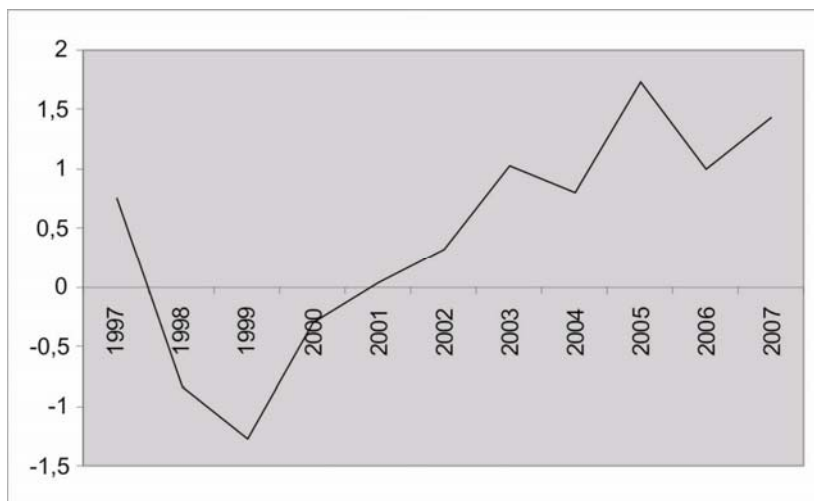
Wyniki finansowe przedsiębiorstw drobiarskich<sup>1</sup>

Wyszczególnienie	Rentowność sprzedaży brutto (%)	Rentowność sprzedaży netto (%)	Współczynnik płynności bieżącej
1991	5,3	–	–
1992	3,0	-0,2	1,1
1993	0,2	-1,6	1,11
1994	1,64	0,05	1,35
1995	1,3	0,3	1,48
1996	1,42	0,46	1,42
1997	0,76	0,35	1,3
1998	-0,83	-1,09	1,1
1999	-1,27	-1,46	0,96
2000	-0,3	-0,5	1,02
2001	0,04	-0,25	1,08
2002	0,32	0,11	0,91
2003	1,02	0,7	1,03
2004	0,8	0,6	1,03
2005	1,73	1,39	1,09
2006	1,00	0,78	1,04
2007*	1,44	1,11	1,07

\* dane za pierwsze półrocze

<sup>1</sup> Analiza finansowa w latach 1991–1998 dotyczy przedsiębiorstw, w których pracowało ponad 49 osób, w latach 1999–2000 zatrudniających ponad 5 osób, a od 2001 r. przedsiębiorstw zatrudniających ponad 9 osób

Źródło: [41]



Rys. 1.8. Rentowność sprzedaży brutto przemysłu drobiarskiego (%).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [41]



Tabela 1.10

Produkcja przemysłu drobiarskiego (w tys. ton)<sup>2</sup>

Wyszczególnienie	Mięso drobiowe	Wędliny	Konserwy	Wyroby wędliniarskie
2000	619,0	71,1	41,9	15,9
2001	715,0	76,9	43,6	26,7
2002	823,0	95,8	44,2	23,8
2003	965,0	85,5	33,4	28,0
2004	1035,0	109,2	36,6	21,6
2005	1237,0	126,0	34,0	25,0
2006	1305,0	96,3	33,4	30,0
2007*	1320,0	97,0	34,0	30,0

\* dane szacunkowe

Źródło: [41].

### 1.2.5. Analiza spożycia mięsa drobiowego

Spożycie żywności, która w hierarchii potrzeb człowieka zajmuje pierwsze miejsce, zależy od czynników ekonomicznych, ale również od czynników pozaekonomicznych, a mianowicie: preferencji żywnościowych, tradycji, wzorców spożycia, religii, czynników klimatycznych, demograficznych etc. [20].

Na wielkość spożycia mięsa drobiowego decydujący wpływ mają: poziom dochodów ludności, siła nabywcza wynagrodzeń i świadczeń socjalnych, sytuacja na rynku pracy, ceny drobiu i jego przetworów, ale również ceny substytutów bliższych (mięsa wołowego, wieprzowego itd.) i dalszych (np. jaj, nabiału). Nie bez znaczenia na kształtowanie poziomu i struktury spożycia mięsa w ostatnich latach miały choroby zwierząt, takie jak: pomór świń w Niemczech (1998), pomór świń i afery dioksynowa w Belgii i Francji (1999), BSE (2000) i pryszczycy (2001) w Wielkiej Brytanii, a w ostatnich latach przypadki grypy ptaków w Azji, krajach Unii Europejskiej, USA i Afryce [54].

Mięso drobiowe jest najpopularniejszym gatunkiem mięsa, które dozwolone jest do spożycia przez wszystkie religie świata (chrześcijaństwo, hinduizm, islam) [1]. Tylko w latach 1990–2002 jego spożycie na świecie wzrosło z 7,7 do 11,2 kg na 1 mieszkańca, tj. o 45%. W roku 2007 szacuje się konsumpcję tego rodzaju mięsa już na poziomie 13 kg rocznie i zakłada dalszą tendencję wzrostową. Prognozowany w latach 2007–2013 przez OECD średnioroczny wzrost spożycia wynosi 1,9% [2]. W piramidzie diety opracowanej przez Greckie Ministerstwo Zdrowia (dieta śródziemnomorska uznawana jest za wzorcową) zakłada się, że drób może być spożywany 4 razy w ciągu tygodnia, a mięso czerwone jedynie 4 razy w miesiącu. Preferowane są szczególnie kurczęta i indyki – bez skóry [6]. Również w Polsce, zgodnie z zalecanym modelem żywienia przez Instytut Żywności i Żywienia, zwraca się uwagę na wymagane prozdrowotne zmiany w strukturze spożycia mięsa i jego przetworów, które powinny polegać na ograniczeniu spożycia mięsa czerwonego na rzecz wzrostu spożycia drobiu [20]. Analiza przeciętnych miesięcznych wydatków gospodarstw domowych w roku 2005 prowadzi do ustalenia, że na żywność przeznaczano 26,1% wydatków ogółem, z czego na mięso wydawano 8%, a na drób 1,5%. W strukturze wydatków na żywność mięso stanowiło natomiast 30,8%, a drób 5,6% [39].

Spożycie mięsa ogółem obniżyło się z 73,5 kg w roku 1991 do 62,3 kg w roku 1997, a w kolejnych latach wzrastało i w roku 2007 osiągnęło poziom 76,0 kg (przy jednoczesnym spadku spożycia wołowiny i względnie stabilnym poziomie konsumpcji mięsa wieprzowego) (tab. 1.11).

Tabela 1.11

## Spożycie mięsa w Polsce w latach 1990–2007 i jego struktura

Lata	Spożycie mięsa w kg na 1 mieszkańca				Struktura		
					Mięso w % całkowitego spożycia mięsa i podrobów		
	ogółem	wieprzowe	wołowe	drobiowe	wieprzowe	wołowe	drobiowe
1990	68,8	37,7	16,4	7,6	54,8	23,8	11,0
1991	73,5	42,2	15,7	8,2	57,4	21,4	11,2
1992	70,7	42,4	12,7	9,1	60,0	18,0	12,9
1993	67,9	40,8	11,5	9,5	60,1	16,9	14,0
1994	63,1	37,5	9,1	10,7	59,4	14,4	17,0
1995	64,0	39,4	8,8	10,3	61,6	13,8	16,1
1996	65,2	40,4	8,6	10,3	62,0	13,2	15,8
1997	62,3	35,7	8,4	12,5	57,3	13,5	20,1
1998	65,3	38,0	8,2	13,2	58,2	12,6	20,2
1999	67,5	40,0	7,9	14,0	59,3	11,7	20,7
2000	66,1	39,0	7,1	14,7	59,0	10,7	22,2
2001	66,6	38,6	5,6	17,2	58,0	8,4	25,8
2002	69,5	39,2	5,2	19,8	56,4	7,5	28,5
2003	72,1	41,2	5,8	19,7	57,1	8,0	27,3
2004	71,8	39,1	5,3	22,2	54,5	7,4	30,9
2005	71,2	39,0	3,9	23,4	54,8	5,5	32,9
2006	74,3	41,4	4,5	23,7	55,7	6,1	31,9
2007*	76,0	42,0	4,5	24,0	55,3	5,9	31,6
2008**	75,5	41,0	4,0	25,0	54,3	5,3	33,1

\* dane nieostateczne

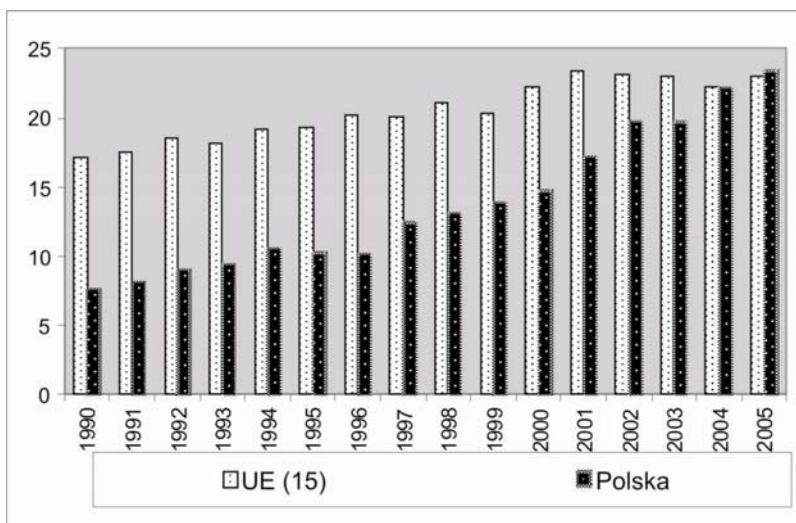
\*\* prognoza

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [41]

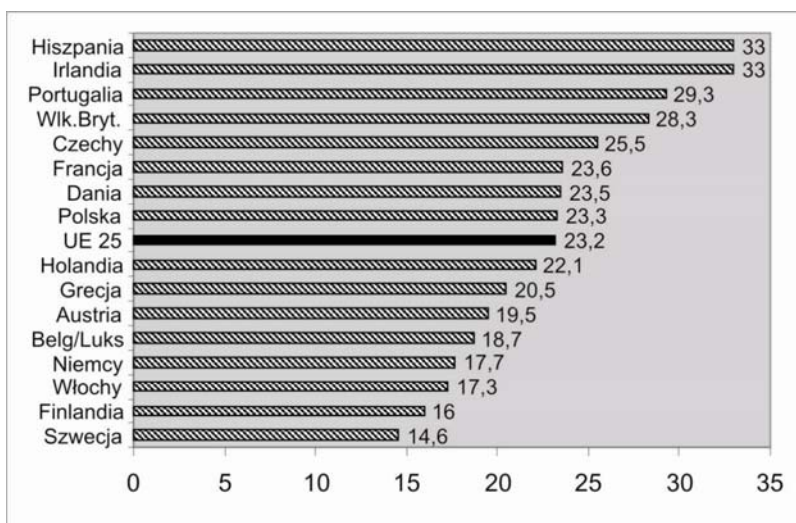
W strukturze spożycia mięsa w latach 1990–2007 dominowało mięso wieprzowe i drobiowe. Konsumpcja drobiu w tym okresie wzrosła w przeliczeniu na 1 mieszkańca z 7,6 do 25,0 kg (tj. ponad 3-krotnie), a w roku 2005 po raz pierwszy przekroczyła przeciętny poziom osiągnięty w krajach UE 25, tj. 23,2 kg (rys. 1.9).

Przewiduje się dalszy wzrost udziału mięsa drobiowego kosztem spożycia wieprzowiny. Silna tendencja wzrostowa w spożyciu drobiu była efektem wydatnego wzrostu produkcji i absolutnego obniżenia poziomu jego cen [47]. Zróżnicowanie spożycia mięsa drobiowego w krajach UE jest znaczne i w roku 2005 wahało się od 14,6 kg w Szwecji do 33 kg w Hiszpanii i Irlandii (rys. 1.10).

W Stanach Zjednoczonych, które są potentatem na światowym rynku drobiu, przeciętne spożycie tego mięsa wynosiło ok. 50 kg. Jeszcze wyższy poziom spożycia ma miejsce w Kuwejcie (ponad 50 kg) i w Zjednoczonych Emiratach Arabskich (ponad 60 kg na 1 mieszkańca) [15].



Rys. 1.9. Spożycie mięsa drobiowego w Polsce na tle UE w latach 1990–2005 (w kg na 1 mieszkańca). Źródło: Opracowanie własne na podstawie [15]



Rys. 1.10. Spożycie mięsa drobiowego w wybranych krajach w 2005 r. (w kg na 1 mieszkańca). Źródło: [41]

## 1.3. Znaczenie integracji produkcji w sektorze drobiarskim

### 1.3.1. Koncepcja integracji produkcji

Podstawy teoretyczne integracji w sferze wytwarzania żywności opracowali J.H. Davis i R.A. Goldberg w 1957 r. (w pracy „Concept of Agribusiness”). Agrobiznesem<sup>9</sup> nazwali oni taki system zintegrowania farmerów amerykańskich z jednostkami ich zaopatrzenia, przetwórstwa i dystrybucji żywności, który pozwala ustanowić skuteczną kontrolę nad wszystkimi wzajemnie od siebie zależnymi ogniwami, od farmy do supermarketu i konsumenta [45].

Podmiotami gospodarki żywnościowej są gospodarstwa rolne, przedsiębiorstwa przemysłowe, pracujące na rzecz rolnictwa i przemysłu spożywczego, zakłady przetwórstwa rolno-spożywczego jak też: jednostki świadczące usługi handlowe, transportowe, bankowe etc., których funkcjonowanie bezpośrednio lub pośrednio warunkuje zaspokojenie potrzeb żywnościowych ludności. Charakter powiązań między tymi ogniwami sprawia, że w całym łańcuchu wytwarzania i dystrybucji żywności rolę integracyjną najczęściej pełni w Polsce przemysł spożywczy [28, 46]. Biorąc pod uwagę liczbę obiektów integracji, wyróżnia się integrację prostą polegającą na scaleniu dwóch elementów i integrację złożoną polegającą na połączeniu wielu elementów [50]. Uwzględnienie zależności strukturalnych w branży drobiarskiej przemawia za tworzeniem więzi integracyjnych.

Koncepcja agrobiznesu wiąże się z tworzeniem związków między ogniwami tego systemu, które warunkowane są przez więzi obejmujące: stosunki wymiany i konkurencji, stosunki kooperacji, eksport i import, a główną siłą sprawczą systemu gospodarowania żywnością jest integracja pionowa [29, 30].

Pionowe więzi integracyjne powstają m.in. w wyniku: nabycia tytułu własności, zawarcia kontraktu, strategicznych związków strukturalnych (sieci), stanowienia norm prawnych.

W warunkach polskiej gospodarki żywnościowej najczęstszą formą powiązań pomiędzy jej ogniwami jest integracja oparta na kontraktach. W zależności od charakteru więzi ogniwa, które pełni dominującą rolę w łańcuchu żywnościowym (wytwarzania i dystrybucji), integrację pionową dzieli się na:

- skierowaną wstecz (odgórną),
- skierowaną wprzód (oddolną) [37].

Integracja wprzód wiąże dostawcę surowców (rolników) bezpośrednio z rynkiem, a w integracji pionowej skierowanej wstecz – więzi producenta rolnego ograniczone są do firm przemysłu spożywczego (jako dostawców surowców żywnościowych).

Ocena poziomu integracji pionowej opiera się na pomiarze wartości dodanej (obliczonej jako różnica wartości sprzedanych produktów oraz kosztów dóbr i usług zakupionych na rynku), która determinuje poziom integracji. Porównanie tak obliczonej wartości dodanej ( $V_a$ ) w relacji do obrotu firmy jest indeksem Adelmiana ( $A = V_a : F$ ), który wskazuje na poziom integracji pionowej (im indeks jest większy, tym wyższy jest poziom integracji) [30].

---

<sup>9</sup> W Polsce pojęcie agrobiznesu traktowane jest jako synonim gospodarki żywnościowej, kompleksu gospodarki żywnościowej lub kompleksu żywnościowego. Definiowane jako wyodrębniony subsystem gospodarki narodowej lub dziedzina aktywności podmiotów gospodarczych, bądź jako dziedzina wiedzy i badań naukowych [52].

Doświadczenia krajów wysoko rozwiniętych pokazują, że integracja kapitałowa i funkcjonalna jest formą przeciwstawienia się presji konkurencji i wyczerpywania wewnętrznych możliwości rozwojowych przedsiębiorstwa działających „na swoim i dla siebie”. Integracja wskazuje, że skala działań znacznie obniża koszty handlu i zwiększa sprawność jego funkcji specjalistycznych. Przejawia się ona w uzgodnionej strategii rozwojowej, wspólnej strategii promocji, polityce cenowej, zakupach, prowadzeniu analiz rynkowych czy podejmowaniu inwestycji. Jednocześnie w wyniku różnych wzajemnych powiązań nastąpił wzrost koncentracji i zanik wielu małych samodzielnych przedsiębiorstw.

W przypadku koncentracji punktem odniesienia są zadania polskiej gospodarki w świetle integracji z Unią Europejską. W nowych ujęciach przez integrację rozumie się formę globalizacji procesu znoszenia granic między systemami. Magand [27] uważa, że zmienia się zasadniczo sektor drobiarski, a integracja produkcji nie oznacza już tylko pełnego powiązania pomiędzy jego ogniwami, lecz partnerstwo, w którym szczególną rolę pełni Internet, umożliwiający wszystkim uczestnikom rynku pełny dostęp do danych, a tym samym stwarzając szansę edukacji i podejmowania optymalnych decyzji rynkowych.

W wielu krajach o wysokim poziomie rozwoju społeczno-gospodarczego dominującą formę gospodarowania w ramach agrobiznesu stanowi spółdzielczość. Szczególnie duży jest udział spółdzielczości w krajach UE w zakresie rynku rolnego (w tym rynku drobiu), w których obejmuje ona m.in.: 50% obrotu środkami produkcji rolnej, 60% skupu surowców i produktów rolnych, 50% przetwórstwa rolno-spożywczego [42].

Unijne organizacje spółdzielcze zrzeszone są w COGECA<sup>10</sup>, która reprezentuje ok. 30 tys. spółdzielni ze wszystkich krajów członkowskich i mają one swoje przedstawicielstwo w Brukseli. Głównym zadaniem tej Konfederacji jest ochrona interesów producentów rolnych.

### 1.3.2. Grupy producenckie w rozwoju integracji poziomej

Rozwój integracji pionowej warunkuje integracja pozioma, która wiąże się z łączeniem podmiotów lub wyodrębnionych rodzajów działalności gospodarczej w ramach poszczególnych ogniw gospodarki żywnościowej. W rolnictwie integracja ta polega głównie na zrzeszaniu się producentów rolnych w tzw. zespoły producenckie [29, 30, 31]. Ta forma integracji preferowana jest też w sektorze drobiarskim.

Szczegółowe warunki tworzenia i funkcjonowania grup określa Ustawa z dnia 15 września 2000 r. o grupach producentów rolnych i ich związkach oraz o zmianie innych ustaw<sup>11</sup> i Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 7 sierpnia 2003 roku<sup>12</sup>. Celem łączenia się rolników w grupy producenckie jest zespołowe zbywanie produkcji, jak też wspólne zaopatrywanie się w środki produkcji. Do głównych korzyści wynikających z tej formy współpracy należą:

- zwiększenie siły przetargowej na rynku i możliwość uzyskiwania wyższych cen w zbycie produktów rolnych oraz płacenie niższych cen za środki produkcji,
- łatwiejszy dostęp do informacji rynkowej i naukowej,

<sup>10</sup> Generalna Konfederacja Spółdzielni Rolniczych przy UE (ang. General Confederation of Agricultural Cooperatives in the European Union).

<sup>11</sup> Dz. U. Nr 88, poz. 88.

<sup>12</sup> Dz. U. Nr 138, poz. 983.

- otwarcie dostępu do zewnętrznych źródeł finansowania (kredytów, zaliczek, gwarancji etc.),
- możliwość wspólnego inwestowania w urządzenia obsługujące dystrybucję bądź służące wstępnemu przetwarzaniu surowców [31].

Głównym celem zespołów producenckich funkcjonujących na rynku pierwotnym jest wspólny zbyty produktów rolnych w określonej firmie. Jeśli zespół ewoluuje i wykracza swoją działalnością poza rynek pierwotny, korzystając z wielu kanałów dystrybucji, np.: dostarczając swoje produkty na giełdę, lokalny, regionalny bądź ponadregionalny rynek hurtowy (tzn. na rynek wtórny) – wówczas określany jest jako grupa marketingowa [31, 35].

Integracja pozioma rolników w grupy producenckie służy realizacji celów gospodarczych poprzez:

- wspólne zaopatrywanie się w środki produkcji w celu uzyskania niższych cen na środki produkcji,
- zwiększenie siły przetargowej na rynku i uzyskiwanie wyższych cen w zbyciu produktów rolnych,
- wykorzystanie zewnętrznych źródeł finansowania (kredytów, zaliczek, gwarancji etc.),
- wspólne inwestowanie w urządzenia obsługujące dystrybucję bądź służące wstępnemu przetwarzaniu surowców,
- docieranie do informacji rynkowej i naukowej, które stanowią ważny element marketingu.

Strategia rynkowa grupy marketingowej musi opierać się na następujących elementach:

- poszerzenie własnego udziału w dotychczasowym rynku dzięki lepszemu rozpoznaniu potrzeb odbiorców (a nie np. wyłącznemu zwiększaniu własnej produkcji),
- pobudzenie nowych pragnień i potrzeb odbiorców,
- różnicowanie dotychczasowego popytu produkcji.

Działanie grup wiąże się ze zintegrowanym planowaniem i realizacją pomysłów, kształtowaniem cen, organizowaniem promocji i dystrybucji towarów, których celem jest z jednej strony osiąganie zysku przez tworzących grupę marketingową producentów, a z drugiej – spełnienie oczekiwań docelowych grup klientów i ich organizacji.

### 1.3.3. Pionowa integracja produkcji żywca drobiu

Jedną z istotnych słabości polskiego agrobiznesu jest (obok nierozwiązanych problemów strukturalnych rolnictwa) niedostateczne powiązanie między poszczególnymi jego ogniwami. Uwagi powyższe można odnieść także do sektora drobiarskiego [9, 49].

Sprostanie konkurencji na rynku globalnym wymaga od polskiego sektora drobiarskiego podejmowania procesów integracyjnych zarówno w układzie wertykalnym (integracja pionowa), jak i horyzontalnym (integracja pozioma).

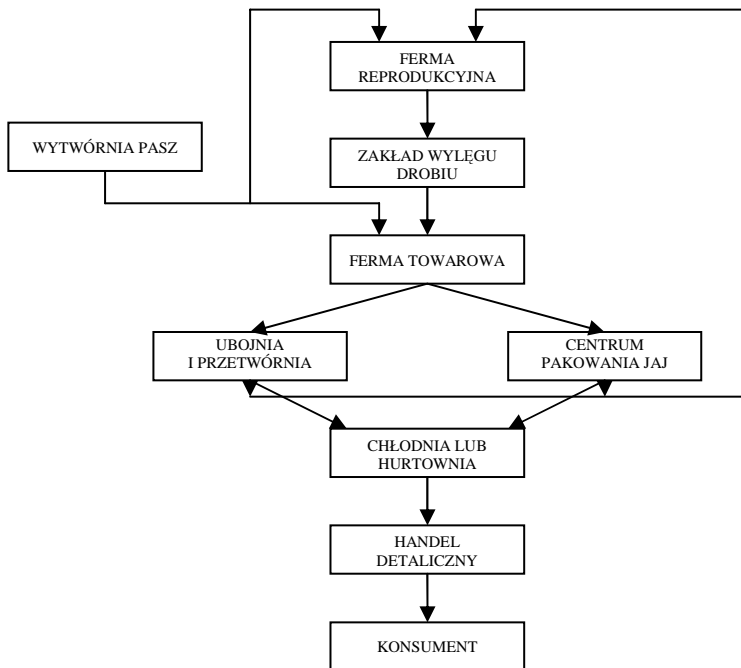
W wielu krajach (m.in. w USA, we Francji i Holandii) branża drobiarska charakteryzuje się dobrze zorganizowaną produkcją i działa w systemie zintegrowanym. Integracja może mieć formę kapitałową bądź organizacyjną. Integracja kapitałowa polega na wniesieniu udziału kapitałowego przez producentów żywca do zakładu ubojowego i przetwórczego

bądź też na przejęciu ferm drobiu przez zakłady drobiarskie. Integracja organizacyjna polega natomiast na wydzieleniu ośrodka integrującego cały system i wykorzystaniu w organizacji produkcji umów kontraktacyjnych. Integracja ta musi obejmować wszelkie szczeble w strukturze produkcji drobiarskiej tj. fermy zarodkowe, reprodukcję, wylęg, tucz drobiu (kurniki), rzeźnię i przetwórnice drobiu oraz fermową produkcję jaj spożywczych [10].

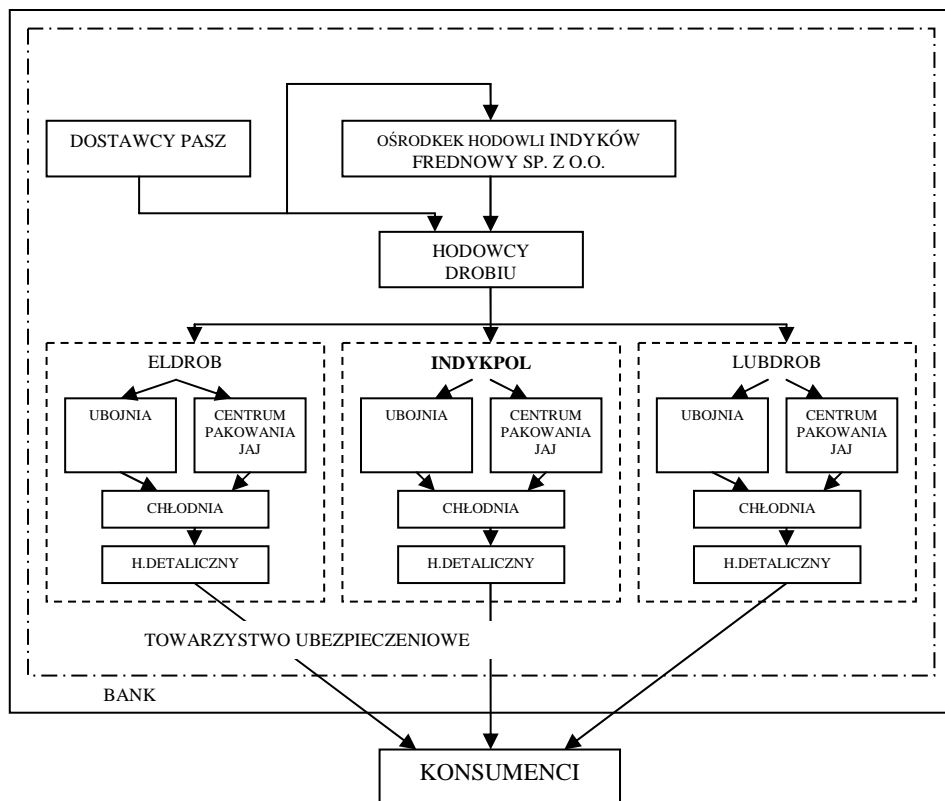
Przykładem integracji zamkniętej, czyli kapitałowej, jest holenderska firma „Nutreco”, która jest potęgą w kompleksowej produkcji drobiu w Holandii oraz w Hiszpanii i Portugalii, gdzie w roku 2000 nadzorowała ok. 60% produkcji. Cechą integracji zamkniętej jest fakt, iż integrator jest nie tylko organizatorem i nadzorcą, ale najczęściej właścicielem poszczególnych ogniw produkcyjnego łańcucha, z wyjątkiem prywatnych producentów żywca [36].

W Polsce w branży drobiarskiej funkcję koordynatora pełnią najczęściej zakłady ubojowe lub firmy paszowe [53]. Firma – integrator podpisuje umowy z poszczególnymi ogniwami łańcucha produkcji drobiarskiej, do których zalicza się m.in. hodowców stad rodzicielskich, wylęgarnie, producentów brojlerów, wytwórców pasz, zakłady ubojowe, przetwórnice i odbiorców handlowych (rys. 1.11).

W Polsce przykładem rozwiązań integracyjnych w sektorze drobiarskim jest system „Pakiet” wdrożony w „Indykpolu” SA w 2000 r. (rys. 1.12).



Rys. 1.11. Pionowa integracja produkcji mięsa drobiowego [53]



Rys. 1.12. Powiązania integracyjne w produkcji drobiarskiej na przykładzie Indykpolu.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [36]

System ten ma charakter integracji otwartej. „Indykpol” podpisał umowy z pojedynczymi firmami będącymi dostawcami pasz i piskląt oraz z bankiem i ubezpieczycielem. „Indykpol”, pełniąc rolę koordynatora, włączył też w system inne zakłady drobiarskie należące do grupy kapitałowej „Eldrob” S.A. i „Lubdrob” S.A. Producenci drobiu mają zapewniony odbiór żywca po zagwarantowanych cenach, a olsztyńskie zakłady – rytmicznie dostarczany surowiec pożądanej jakości i możliwość optymalizacji kosztów produkcji [36]. W kolejnych latach nastąpiła reorganizacja. Według stanu na koniec 2007 r. w skład „Indykpolu” wchodziły: 3 zakłady ubojowo-przetwórcze (Olsztyn, Lublin, Świebodzin), Ośrodek Hodowli Indyków Frednowy, 3 wylęgarnie drobiu, 16 własnych ferm, 20 regionalnych centrów dystrybucji i 7 sklepów detalicznych [22].

Proces integracji polskiego sektora drobiarskiego stanowi szansę na jego większą siłę przetargową, zwiększenie udziału producentów w marży zysku, jak też daje możliwość ochrony przed konkurencją ze strony tańszych zagranicznych rynków i globalnego kapitału.



## 1.4. Streszczenie

Sektor drobiarski, podobnie jak cały rynek rolno-spożywczy, w związku z przystąpieniem do UE zmuszony był do dostosowania rozwiązań organizacyjno-prawnych obowiązujących w Unii. Włączenie polskiego rynku żywności w obszar jednolitego rynku europejskiego oraz proces stopniowego obejmowania polskiego rolnictwa Wspólną Polityką Rolną wiązał się z jednej strony z koniecznością sprostania przez polskich producentów trudnym warunkom konkurencji, ale z drugiej gwarantował wsparcie cenowe, dochodowe i strukturalne, w tym płatności bezpośrednie dla rolnictwa [7].

W przypadku rynku drobiu od wielu lat stosuje się jedynie mechanizmy ochrony zewnętrznej (m.in. system ceł importowych, dopłat do eksportu etc.). Ceny rynkowe drobiu kształtowane są w krajach Unii na podstawie relacji popytowo-podażowych. Producenci żywca drobiowego nie mają bowiem gwarancji cenowych ani gwarancji sprzedaży. Rynek mięsa drobiowego regulowany jest natomiast w zakresie jakości, norm sanitarnych, weterynaryjnych i monitoringu tego rynku.

W roku poprzedzającym integrację Polski z Unią Europejską ceny żywca wieprzowego i drobiowego były w Polsce niższe niż w UE o 10–15%, a ceny detaliczne produktów mięsnych – dwukrotnie niższe od średnich cen mięsa i jego przetworów, natomiast marże przetwórcze i handlowe kształtowały się na poziomie blisko 3-krotnie niższym, co wynikało w dużej mierze z niskich płac w sferze polskiej gospodarki żywnościowej [55].

Integracja Polski z UE zmieniła warunki handlu, które związane były z większą osłoną celną z krajami spoza Unii, dopłatami eksportowymi i koniecznością posiadania licencji. Otwarcie rynku europejskiego dla polskich producentów drobiu powoduje systematyczne wyrównanie się warunków konkurencji. Pochodną integracji było ożywienie gospodarcze kraju, a tym samym wzrost dochodów ludności i konsumpcji, w tym mięsa drobiowego. Powyższe zmiany wiążą się z możliwością zwiększenia skali produkcji drobiu i rozwoju sektora drobiarskiego [7].

Polscy producenci żywca drobiowego (podobnie jak i z innych krajów UE) objęci zostali nowymi uregulowaniami (wprowadzonymi na wniosek Komisji Europejskiej w kwietniu 2006 r. Rozporządzeniem Rady 679/2006), polegającymi na rekompensacie strat spowodowanych grypą ptaków [44]. Wsparcie to ma przeciwdziałać ujemnym skutkom a złamania cen i popytu wywołanych tą chorobą drobiu.

Uzyskiwane przez krajowy przemysł mięsny przewagi cenowo-kosztowe nad konkurentami z innych krajów UE świadczą, że pomimo wielu obaw krajowy rynek nie był zagrożony w pierwszych latach akcesji wzmożonymi dostawami produktów mięsnych z importu, a polskie zakłady drobiarskie miały duży potencjał eksportowy. Głównym problemem osiągnięcia konkurencyjności branży drobiarskiej było dostosowanie do standardów unijnych w zakresie wymogów weterynaryjnych i szerzej – jakości oraz dokumentowania bezpieczeństwa zdrowotnego mięsa i jego przetworów. Niewątpliwie, mniejszy jest też potencjał konkurencyjny polskiego sektora drobiarskiego, głównie z powodu ograniczonego zakresu integracji pionowej systemu produkcji, jak i ograniczeń finansowych [27].

Sprostanie konkurencyjności rynkowej w warunkach rozdrobnionego rolnictwa wiąże się z koniecznością współpracy rolników w formie grup producenckich. Głównymi osiągnięciami tej formy gospodarowania są: wzmocnienie pozycji producentów na rynku, koncentracja podaży, stabilizacja rynku, a tym samym wzrost dochodów producentów. Jedną z dróg poprawy racjonalności gospodarowania w branży drobiarskiej jest rozwój integracji

poszczególnych jej ogniw. Powyższe uwarunkowania mogą stać się atutem polskiego drobiarstwa i sprzyjają tworzeniu niszowych rynków produktów poszukiwanych przez konsumentów, wyróżnionych znakami potwierdzającymi ich wysoką jakość, do których należą między innymi produkty regionalne i żywność ekologiczna.

Zakładane scenariusze rozwoju Wspólnej Polityki Rolnej, w kierunku zmniejszenia wsparcia finansowego produkcji żywności i większej liberalizacji rynków rolnych, są szansą dynamicznego rozwoju sektora drobiarskiego, ale wymagają od producentów i przetwórców mięsa drobiowego działań na rzecz wzmocnienia jego konkurencyjności na globalnym rynku, konsekwencji w działaniu i stałego monitoringu rynku, jak też ogromnej aktywności i wiedzy kadry menedżerskiej.

## Piśmiennictwo

- [1] Adamowicz M.: 2002. Rynek drobiu i jaj. FAPA, Warszawa, 6–33.
- [2] Agricultural Outlook 2007-2016. OECD/FAO, 22.
- [3] Anonim.: 2003b. Stagnacja na światowych rynkach kurczaków. BOSS Rolnictwo 21(696), 22–23.
- [4] Barbut.: 2002. Poultry Meat Processing and Product Technology, [w:] Poultry Products Processing. CRC Press Boca Raton, 1–30.
- [5] Białosiewicz M.: 2007. Kilka niebezpieczeństw i zagrożeń. AgroTrendy, 11(65), 3.
- [6] Cichońska A.: 2004. Grecka dieta śródziemnomorska w praktyce. Przem. Spoż., 58, 1, 38–39.
- [7] Ciećko D.: 2003. Zmiany w przemyśle drobiarskim. Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa, 3, 80–86.
- [8] Dybowski G., Kobuszyńska M.: 2002. Analiza przekrojowa rynku drobiu i jaj oraz strategia rozwoju światowego do 2005 roku. IERiGŻ. Studia i Monografie 109, Warszawa, 43–49, 108–112.
- [9] Dybowski G., Kobuszyńska M.: 2003. Problemy integracyjne polskiego drobiarstwa. Przem. Spoż., 57, 8, 26–28.
- [10] Dybowski G.: 1995. Rynek drobiarski. Problemy stabilizacji, [w:] Stan i perspektywy rynku rolnego w Polsce i możliwości jego stabilizacji. MRiGŻ, IERiGŻ, Economic Research Service USDA, Warszawa, 53–58.
- [11] Dybowski G.: 2003. Dostosowanie polskiego rynku drobiarskiego do warunków Unii Europejskiej, [w:] Dostosowanie polskiego rynku rolnego do wymogów Unii Europejskiej. ARR, IERiGŻ SGH, Warszawa, 141–154.
- [12] Dybowski G.: 2003. Opłacalność produkcji drobiarskiej. Wieś Jutra, 3 (56), 30–34.
- [13] Dybowski G.: 2003. Rynek drobiu i jaj spożywczych, [w:] Analiza produkcyjno-ekonomicznej sytuacji rolnictwa i gospodarki żywnościowej w 2002 roku. IERiGŻ, Warszawa, 153–157.
- [14] Ernährungs – und Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2006, BMVEL, Berlin, 104.
- [15] FAO Statistical Databases. Internet <http://www.fao.org>. Dane ze stycznia 2007.
- [16] FAO Statistical Databases. Internet <http://www.fao.org>. Dane ze stycznia 2008.
- [17] Główny Inspektorat Weterynarii. Internet <http://www.wetgiw.gov.pl>
- [18] Górski J.: 2003. Zmiany w wielkości produkcji żywienia i utrzymania gęsi reprodukcyjnych na fermach w ostatnich latach. Wieś Jutra, 3 (56), 33–34.
- [19] Grabowski T.: 2003. Przetwórstwo kluczem do dalszego rozwoju produkcji mięsa drobiowego. Polskie Drobiarstwo, 1, 12–15.
- [20] Gulbicka B.: 2000. Wyżywienie polskiego społeczeństwa w ostatniej dekadzie XX wieku. Studia i Monografie, 96, IERiGŻ, 9 i 130–131.

- [21] Horbańczuk J.O.: 2003. Perspektywy i cele rozwoju i chowu strusi w Polsce. *Wiś Jutra*, 3 (56), 36–37.
- [22] Indykpol. Informacje uzyskane od rzeczownika prasowego Spółki.
- [23] Jankowski J.: 2003. Aktualne problemy chowu indyków w Polsce. *Wiś Jutra*, 3(56), 35.
- [24] Kobuszyńska M.: 2000. Stan i perspektywy przetwórstwa drobiu w Polsce. *Przem. Spoż.*, 54, 7, 27–29.
- [25] Kostrzyński P., Dąbrowska M., Leoniak M.: 2003. Rynek mięsa drobiowego. *Biuletyn Krajowej Rady Drobiarskiej*, 4, 19–20.
- [26] Maciołek M., Olczyk B.: 2003. Współczesne tendencje w zakresie chowu drobiu wodnego w Polsce. *Polskie Drobiarstwo*, 4, 16–18.
- [27] Magand G.: 2000. Internet will change the face of poultry production. *World Poultry*, 16, 1, 36–37.
- [28] Makarski S.: 2000. Procesy dostosowawcze przemysłu rolno-spożywczego do wymagań runku. *Rocz. Nauk SERiA*, 2,1,64–68
- [29] Małysz J.: 1998. Procesy integracyjne w agrobiznesie. *Wiś i Rol.*, 2 (99), 19–43.
- [30] Małysz J.: 2001. Rozwój agrobiznesu a procesy integracyjne cz. I, *Wiś i Rol.*, 4 (113), 65–84.
- [31] Małysz J.: 2002. Rozwój agrobiznesu a procesy integracyjne cz. II, *Wiś i Rol.*, 1 (114), 25–37.
- [32] Markowska K.: 2003. II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Indyki 2003”. *Hodowca Drobiu*, 8, 24–25.
- [33] Moszkowicz M.: 2000. Strategia przedsiębiorstwa okresu przemian. PWE Warszawa, 302–307.
- [34] Nosecka B.: 2003. Drób, [w:] *Handel zagraniczny produktami rolno-spożywczymi. Stan i perspektywy*, 18, MRiRW, ARR, IERiGŻ, 36–39.
- [35] Nowakowska-Grunt J.: 2002. Procesy integracyjne. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu*, 928, 259–263.
- [36] Obidzińska E.: 2001. Kurczak zintegrowany. *BOSS Rolnictwo*, 5(576), 18–19.
- [37] Porter M.E.: 1999. Strategia konkurencyjności. Metody analizy sektorów i konkurentów. PWE, 293–314.
- [38] Priel A., Sluis W.: 2002. Global poultry meat expected to increase. *World Poultry Elsevier*, 18, 5, 40–41.
- [39] *Roczniki Statystyczne Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, z lat 1992–2007.*
- [40] Rozporządzenie Rady WE Nr 580/2007, Dz. U. UE L 138/1 z dnia 30.05.2007.
- [41] *Rynki drobiu i jaj. Stan i perspektywy. Analizy rynkowe. MRiRW, ARR, IERiGŻ z lat 1993–2007.*
- [42] Sosnowska B.: 2002. Niektóre uwarunkowania wzrostu konkurencyjności rolnictwa polskiego. *Wiś i Rol.*, 3 (116), 136–152.
- [43] Steinmann H., Schreyögg G.: 1999. Zarządzanie. Podstawy kierowania przedsiębiorstwem. Koncepcje, funkcje, przykłady. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 107–174.
- [44] Szot E.: 2004. Żywność największą szansą w Unii. *BOSS Rolnictwo*, 11 (738), 16–19.
- [45] Szybga K.: 2000. Ekonomiczne i organizacyjne aspekty rynku jaj, [w:] *Jajczarstwo. Nauka. Technologia. Praktyka.* pod red. T. Trziszki. Wyd. AR Wrocław, 21–64.
- [46] Szybga K.: 2005. Unijny rynek mięsa drobiowego. *Roczniki Naukowe SERiA*, VII, 2, Warszawa-Poznań, 224–228.
- [47] Świetlik K.: 2004. Popyt na żywność w latach 2002–2003. *Biuletyn Informacyjny ARR*, 2(152), Warszawa, 37–45.
- [48] Taha F.A.: 2007. How highly pathogenic avian influenza (H5N1) has affected world poultry meat trade. USDA, A Report from the Economic Research Service, LDP-M-159-02, 1–27.

- 
- [49] Tomczak F.: 2003. Od sprzeczności interesów do harmonii rozwojowej: gospodarstwo rolne i przedsiębiorstwo w agrobiznesie wobec konkurencyjnego rynku, [w:] Źródła przewag konkurencyjnych przedsiębiorstw w agrobiznesie. Pod red. naukową D. Niezgody, AR Lublin, 18–29.
- [50] Trocki M.: 2002. Integracja i dezintegracja działalności gospodarczej – tendencje i kierunki. Prace Nauk. AE im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław, 928, 308–315.
- [51] Urban R.: 2005. Inwestycje i przemiany strukturalne przemysłu spożywczego, [w:] Stan polskiej gospodarki żywnościowej po przystąpieniu do Unii Europejskiej. Raport 2, IERiGŻ-PIB, Warszawa, 19, 95–98.
- [52] Urban R.: 2006. Prognoza rozwoju sektora mięsnego w latach 2007–2013 [w:] Biuletyn Informacyjny ARR, 10(184), 36–41.
- [53] Wężyk S.: 2003. Sytuacja na światowym, europejskim i krajowym rynku mięsa drobiowego [w:] Materiały szkoleniowe: Komponent A. Prowadzenie i rozwój gospodarstw specjalizujących się w produkcji drobiu rzeźnego i brojlerów. Program SAPARD, PL-06-04/00, 1–6.
- [54] Wężyk W., Krawczyk J.: 2003. Rozwój krajowego drobiarstwa w perspektywie integracji z Unią Europejską. Wieś Jutra, 3 (56), 27–29.
- [55] Wilkin J.: 2001. Polskie rolnictwo wobec procesu globalizacji. Roczn. Nauk. SERiA T. III,1. Warszawa-Poznań-Białystok, 9–20.
- [56] Windhorst H.W.: 2006. Changes in poultry production and trade worldwide. Proceed. Europ. Poultry Conf. WPSA XII, Verona, 1–15.

# 2.

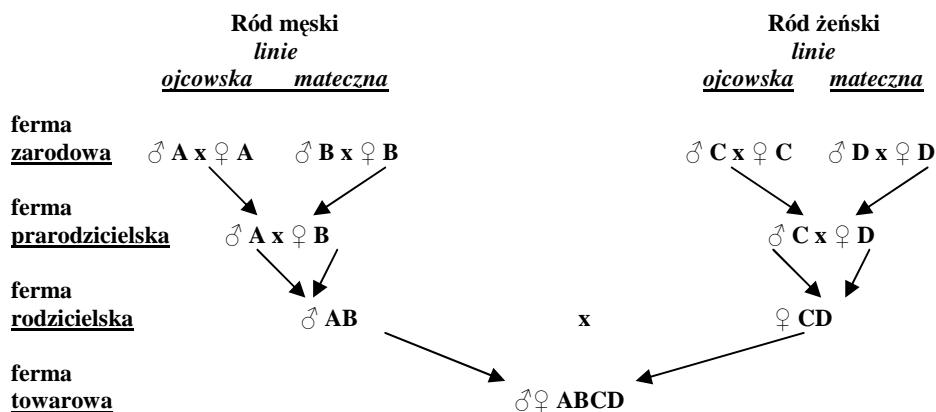
## PODSTAWY HODOWLI I WARUNKÓW CHOWU DROBIU RZEŹNEGO

Ewa Świerczewska

### 2.1. Zasady wytwarzania mieszańców używanych do produkcji kurcząt brojlerów

**Charakterystyka rodów męskich i żeńskich oraz (w ich obrębie) linii ojcowskich i matecznych.** Kurczęta brojlery powinny charakteryzować szybkie tempo wzrostu, pozwalające na uzyskanie wysokiej masy ciała w stosunkowo krótkim czasie, dobre wykorzystanie karmy decydujące o opłacalności produkcji, duża przeżywalność, pożądany kształt tuszki z dobrze rozwiniętymi mięśniami piersiowymi i nóg. Wymienionymi cechami odznaczają się mieszańce międzyrodowe i międzyliniowe (schemat 2.1), których wytwarzaniem zajmują się fermy prarodzicielskie i rodzicielskie [4, 15].

Stada utrzymywane w fermach prarodzicielskich pochodzą z centrum hodowlanego, zajmującego się selekcją określonych populacji.



Schemat 2.1. Reprodukcyjna dwustopniowa (mieszańce czteroliniowe) kur typu mięsnego [14]

W wyniku prowadzenia selekcji kurczęta brojlery charakteryzuje większy udział mięśni piersiowych w tuszce, przy czym zwiększeniu uległa długość włókien mięśniowych, natomiast nie zwiększyła się ich liczba. Podobny rezultat uzyskano w mięśniach nóg.

**Rody męskie** zostały wytworzone przy użyciu rasy Cornish oraz innych ras i rodów, które znane są tylko firmom hodowlanym [16]. W obrębie rodów męskich hodowane są linie ojcowskie i mateczne, w których prowadzona jest selekcja w kierunku doskonalenia następujących cech:

- **szybkości wzrostu określanej na podstawie oceny masy ciała,**
- **ukształtowania ciała poprzez ocenę stopnia umięśnienia klatki piersiowej i nóg,**
- **zapłodnienia i wylęgowości jaj,**
- **zdrowotności.**

Koguty i kury w rodach męskich są grubokościste, charakteryzuje je doskonale umięśniona klatka piersiowa oraz nogi, mają szeroko rozstawione skoki, krótki i szeroki grzebień, najczęściej groszkowy, ale mogą wystąpić również osobniki z grzebieniem pojedynczym lub różyczkowym. Barwa upierzenia jest zawsze biała. Są to ptaki bardzo ciężkie, dorosły samiec w wieku 20 tygodni waży ok. 4 kg, samica 3 kg. Nieśność rozpoczynają późno, bo w wieku 190–200 dni, znoszą nie więcej niż 140 jaj. W rodach męskich nie prowadzi się selekcji w kierunku zwiększania nieśności, bowiem cechy nieśne i mięsne są ze sobą ujemnie skorelowane, wobec czego wzrost liczby zniesionych jaj prowadziłby do pogorszenia cech mięsnych.

**Rody żeńskie** pochodzą od kur rasy White Rock, selekcjonowanych w kierunku zwiększenia początkowego tempa wzrostu. Pokrój tych ptaków charakteryzuje zaokrąglony kształt tułowia, linia grzbietu lekko wklęsła, grzbiet szeroki, mostek wysunięty ku przodowi, grzebień mały, pojedynczy. Upierzenie dość obfite, barwy recesywnie lub dominująco białej. Masa ciała kogutów i kur z linii ojcowskich jest wyższa niż w liniach matecznych, dorosłe koguty ważą odpowiednio 3,3–3,4 kg, kury 2,3–2,5 kg. W okresie użytkowania można od nich uzyskać 170 jaj. W liniach rodu żeńskiego prowadzi się selekcję w kierunku doskonalenia początkowego tempa wzrostu, poprawy umięśnienia, zwiększenia zapłodnienia i wylęgu jaj, uzyskania dobrej zdrowotności (co nie jest selekcjonowane w rodach męskich). Zapewnia to optymalną nieśność i masę jaj wynoszącą 56–62 g.

Współczesne firmy hodowlane o światowym zasięgu, charakteryzujące się doskonaleniem metod hodowli i dużą jej koncentracją, oferują towarowe zestawy **mieszkańców międzyrodowych i międzyliniowych**. W skali światowej istnieje niewielka liczba znaczących firm hodowlanych, które proponują materiał prarodzicielski i rodzicielski fermom towarowym. Wraz z kurczętami z reprodukcji oferuje się odbiorcom programy reprodukcji jednocześnie z określoną technologią chowu, z dokładnym określeniem warunków utrzymania i żywienia. W Polsce w 2006 r. materiał do produkcji brojlerów pochodził z kilkunastu firm, były to mieszańce o następujących nazwach:

Flex	Cobb 500
F-15	Hybro G+
JA-57	Hybro PG+
Ross 308	Hybro PN
Ross 508	Minibro
Ross PM 3	

**Karłowate rody żeńskie** są używane do wytworzenia stad rodzicielskich. Przy produkcji brojlerów został wykorzystany, sprzężony z płcią, recesywny gen karłowatości (*dw*), który powoduje zmniejszenie masy ciała dorosłych kur o ok. 30%, w porównaniu z kurami o normalnych wymiarach (*Dw*). Kury karłowate spożywają mniej paszy i można utrzymywać ich więcej na 1 m<sup>2</sup> powierzchni budynku [7], dzięki temu uzyskuje się korzyści ekonomiczne w wyniku zmniejszenia kosztów chowu ptaków (tab. 2.1).

Tabela 2.1

Cechy kur karłowatych i normalnych [14]

Cechy	Karłowate	Normalne
<i>Okres wychowu (0–20 tyg.)</i>		
Masa ciała dorosłego ptaka	1,8 kg	2,5 kg
Zużycie paszy	7,2 kg	9,0 kg
<i>Obsada w kurniku</i>		
0 – 6 tyg.	10/m <sup>2</sup>	8/m <sup>2</sup>
6 – 20 tyg.	7/m <sup>2</sup>	5/m <sup>2</sup>
<i>Okres produkcji (40 tyg.)</i>		
Wiek zniesienia pierwszego jaja	154 dni	147 dni
Obsada w kurniku	5–7/m <sup>2</sup>	3–5/m <sup>2</sup>
Zużycie paszy	33 kg	40 kg
Produkcja jaj	168 szt.	165 szt.
Pisklęta	140 szt.	135 szt.

Duże koguty, o standardowej masie ciała, można kojarzyć z kurami karłowatymi, a ich potomstwo, czyli brojlery uzyskują masę ciała nieodlegającą od normy. Ogólną zasadę wykorzystania genu karłowatości w produkcji brojlerów ilustruje schemat:

Stado rodzicielskie: ♂ **DwDw** x ♀ **dw-**

Stado towarowe: ♂ **Dwdw** x ♀ **Dw-**

## 2.2. Cele i zasady testowania materiału przeznaczanego do produkcji brojlerów

Do produkcji brojlerów przeznacza się mieszańce międzyrodowe i międzyliniowe. Konieczne jest dokonanie oceny tzw. wzajemnego dopasowania się do siebie poszczególnych linii i określenie, jaki kierunek kojarzeń należy zastosować, aby potomstwo tych osobników (czyli brojlery) spełniało wszystkie wymagania określone w użytkowaniu mięsny. Wzajemne dopasowanie się do siebie poszczególnych linii sprawdzane jest za pomocą testów, które polegają na kolejnym kojarzeniu ocenianych kogutów z przewidzianymi do sprawdzenia grupami kur. Dzięki takim zasadom do reprodukcji przeznaczać można najbardziej wartościowe osobniki, co pozwala na wykrycie w badanym materiale zdolności tworzenia pożądanych kombinacji genetycznych.

### Rodzaje kurcząt brojlerów w zależności od masy ciała

Brojlery chowa się najczęściej przez 6 lub 7 tygodni, co zapewnia osiągnięcie przez ptaki masy ciała średnio nie mniej niż 2 kg. Współcześnie produkowane brojlery osiągają masę ciała średnio od 1,4 do 3 kg (tab. 2.2) [17].

Tabela 2.2

Postęp uzyskany w odniesieniu do masy ciała, ilości mięśni piersiowych w tuszce oraz zużycia paszy na 1 kg przyrostu kurcząt brojlerów [17]

Rok	Masa ciała 42 dni (kg)	Masa mięśni piersiowych (g)	Zużycie paszy kg/1kg przyrostu
1978	1,0	250	2,5
1998	2,4	300	1,7
2008*	3,0	400	1,4

\* Prognoza

Przeznacza się je do sprzedaży w postaci całych tuszek lub jeśli ich masa przyżyciowa przekracza 2,5 kg – jako elementy kulinarne (aktualnie kawałki).

Ciężkie brojlery przeznaczane są z reguły do przetwórstwa. Co kilka lat firmy hodowlane oferują nowe mieszańce do produkcji brojlerów, które w zasadzie mają zbliżoną masę ciała, lecz charakteryzują je różnice pod względem ilości mięśni piersiowych lub udowych. Należą do nich mieszańce: Ross PM3, Ross 508, Hybro PN, Cobb 500, które nadają się bardziej do przetwórstwa niż np. Hybro G+ lub Ross 308.

Innym typem kurcząt brojlerów od lat produkowanych w Ameryce czy w Europie Zachodniej są kurczęta bardzo lekkie, które przed ubojem ważą 1,1–1,2 kg, a masa ich tuszki po obróbce kulinarnej wynosi 700 g; dzieli się je na połówki lub podaje konsumentom w całości. W USA nazywane są „junior broiler” lub „tv broiler”, dlatego że przeznacza się je do spożycia w trakcie oglądania programów telewizyjnych. Te małe kurczęta ubijane są w wieku 5 tygodni; charakteryzuje je w tym okresie stosunkowo niewielkie otłuszczenie, mają więc dużą wartość dietetyczną. Są to najczęściej kurczęta typu Dominant White Cornish [9].

Innym rodzajem brojlerów oferowanych obecnie przez producentów są starsze kurczęta rzeźne, które chowa się do wieku 12 czy 15 tygodni, ich masa wynosi ponad 3 kg. Mięso ich jest dojralsze aniżeli mięso typowych brojlerów, ubijanych w wieku 6 czy 7 tygodni, co jest cenione przez wielu konsumentów preferujących mięso starszych ptaków. Kurczęta te są nazywane „roasters”, a do ich produkcji przeznacza się wyspecjalizowane rody, które charakteryzuje niskie zużycie karmy, w przeciwnym razie koszt produkcji byłby zbyt wysoki i chów tych kurcząt całkowicie nieopłacalny.

### Kurczęta Label Rouge

W roku 1965 farmerzy francuscy rozpoczęli wytwarzanie produktów pochodzenia zwierzęcego o wysokiej jakości, które zostały nazwane Label Rouge. Największy udział wśród nich stanowią kurczęta; poza nimi do tej grupy zalicza się inne produkty drobiowe, tj. kaczki, indyki, perliczki oraz z niedrobiowych np. łososie. Produkty te mogą być oferowane



wane konsumentom jako tuszki lub porcjowane (piersi, uda itp.), charakteryzuje je wysoka gwarantowana jakość [1, 6, 10]. Jest ona zatwierdzona przez państwowy i lokalny system obowiązujący w odniesieniu do produktów certyfikowanych.

System ten dokładnie określa wymagania stawiane im od wylęgu do dystrybucji gotowego produktu. Szczegóły dotyczące tego zagadnienia są omówione w specjalnym dokumencie przygotowanym przez naukowców, praktyków oraz przedstawicieli Ministerstwa Rolnictwa. Wszystkie podmioty uczestniczące w tego typu produkcji należą do specjalnej organizacji, która ma certyfikat i jest odpowiedzialna za przygotowanie dokumentów okresowych, akceptowanych przez powołaną do tego komisję. Dokumenty z 1992 r. określają zasady przyznawania akredytacji na produkowanie kurcząt typu Label. Podstawowa informacja dotyczy charakterystyki tych kurcząt: muszą to być ptaki młode przed osiągnięciem dojrzałości płciowej, o regularnym umięśnieniu, niewielkim otłuszczeniu, z cienką skórą. Chowa się je do wieku 80 dni, mają dość wolne tempo wzrostu. Francuzi wymagają, aby tuszka ważyła 1,5 kg. Do ich produkcji przeznaczają się materiał od standardowych kogutów oraz po kurach karłowatych. Skóra powinna być biała lub żółta, jest to uwarunkowane dziedzicznie, natomiast zakazane jest dodawanie do pasz specyficznych pigmentów.

Żywienie kurcząt typu Label jest określone ścisłymi przepisami. Na przykład do wieku 4 tygodni jest zabronione stosowanie dodatku tłuszczu, od 29 dnia mieszanka powinna zawierać nie mniej niż 75% śrut zbożowych i niewielki dodatek tłuszczu. Zakazane jest stosowanie stymulatorów wzrostu, kokcydiostatyków, probiotyków oraz leków. Witaminy należy podawać w ilości ograniczonej, nie dłużej niż do piątego dnia przed ubojem.

Kurczęta mogą być utrzymywane w budynkach zamkniętych lub też tzw. systemem półintensywnym z dostępem do wybiegów, warunki chowu muszą być podane na nalepkach zamieszczonych na opakowaniu tuszek. Opracowano również szczegółowe przepisy dotyczące transportu z fermy do ubojni, który nie powinien trwać dłużej niż 2 godziny. Wyniki produkcyjne i skład tkankowy tuszki brojlerów zależne są od warunków chowu, np. od tego czy kurczęta utrzymywane są systemem intensywnym, czy też w warunkach ekologicznych (tab. 2.3, 2.4, 2.5) [11].

Tabela 2.3

Porównanie wyników produkcyjnych i składu tkankowego tuszki brojlerów chowanych systemem intensywnym i w warunkach ekologicznych [10]

System chowu	Cechy jakościowe kurcząt w wieku 80 dni			
	Masa ciała (g)		Udział w masie ciała (%)	
		mięśni piersiowych	nóg	tłuszczu sadelkowego
Chów ekologiczny (kurczęta wolno rosnące)	1816	27,1	31,7	2,6
Chów intensywny (kurczęta szybko rosnące)	2985	30,7	30,5	3,4

Tabela 2.4

Porównanie składu chemicznego mięsa kurcząt brojlerów chowanych systemem intensywnym i w warunkach ekologicznych [10]

System chowu	Tłuszcz (%)	Woda (%)	Białko (%)	Popiół (%)
Chów ekologiczny (kurczęta wolno rosnące)	0,46	74,9	23,9	1,3
Chów intensywny (kurczęta szybko rosnące)	0,44	74,7	24,1	1,2

Tabela 2.5

Porównanie oceny sensorycznej (skala od 1 do 6) mięsa kurcząt brojlerów chowanych systemem intensywnym i w warunkach ekologicznych [10]

System chowu	Soczystość	Kruchość	Aromat
Chów ekologiczny (kurczęta wolno rosnące)	3,8	5,0	4,2
Chów intensywny (kurczęta szybko rosnące)	4,2	5,3	4,4

Przy ogromnej konkurencji i stale rosnącej produkcji problemem pierwszoplanowym stała się jakość wyrobów, zwłaszcza że będzie malała sprzedaż całych tuszek drobiowych, a zwiększeniu ulegnie sprzedaż drobiu porcjowanego oraz przetworzonego. Na przykład, w USA tylko 12% kurcząt sprzedaje się w całości, 60% w postaci porcjowanej i 28% jako produkty przetworzone [15].

Konsumenci preferujący chude mięso wywierają nacisk na producentów żywności, którzy obecnie dostosowując się do wymagań rynku, zwracają coraz większą uwagę na jakość produktu. Ujemną cechą współcześnie produkowanych brojlerów jest ich duże otłuszczenie, jeśli będzie się ono dalej zwiększało, mięso brojlerów przestanie być uważane za dietetyczne i nie otrzyma certyfikatu produktu o wysokich walorach odżywczych. Dotyczy to głównie ud i podudzi oraz mięsa odzyskiwanego mechanicznie (MOM), używanych między innymi do produkcji wędlin.

### 2.3. Rody i linie przeznaczone do produkcji brojlerów indyjskich

#### Mieszanie międzyrodowe i międzyliniowe

W obrębie tego gatunku wyhodowano kilka typów użytkowych, różniących się cechami pokrojowymi lub produkcyjnymi. Są to indyki typu lekkiego, średniego i ciężkiego. Przede wszystkim różnią się one masą ciała, ukształtowaniem tuszki i czasami nawet barwą upierzenia.

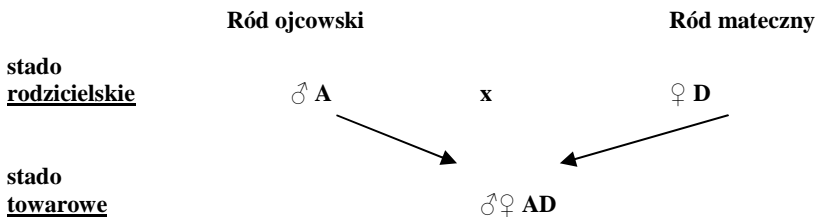
**Typ lekki** to głównie indyki o małej masie ciała. Dorosłe samce ważą średnio 8,5 kg, samice 4,0–4,5 kg. Do uboju przeznaczają się je w wieku 12 tygodni. W stadach reprodukcyjnych indyczki osiągają wczesną dojrzałość płciową, rozpoczynają nieśność w wieku 30 tygodni i znoszą ok. 120 jaj. Przedstawicielem tego typu są rasy Beltsville i Białe Szerokopierśne, które posłużyły do wytworzenia wielu współczesnych rodów indyków. Lekki typ indyków jest ceniony przez konsumentów ze względu na niewielką masę tuszki patroszonej (ok. 3,5 kg), chętnie kupowanej z okazji uroczystości rodzinnych. Inną rasą należącą do typu lekkiego były indyki Bronz Standard, o ciemnej barwie upierzenia, przeznaczone do chowu ekstensywnego. Rasa ta nie jest wykorzystywana w chowie intensywnym do produkcji materiału rzeźnego ze względu na ciemne upierzenie i obecnie jej hodowla jest ograniczona.

**Typ średni** indyków wyhodowano, kojarząc ciężkie indory z lekkimi indyczkami. Dorosłe indyki w wieku 30 tygodni ważą 12–17 kg, a indyczki 6–9 kg. W stadach reprodukcyjnych do rozplodu przeznaczają się te ptaki w wieku 31–33 tygodni, w ciągu 6 miesięcy użytkowania rozplodowego indyczki znoszą 110 jaj. Przedstawicielami tego typu są: Białe Holenderskie, Białe Szerokopierśne i Bronz Szerokopierśny.

**Typ ciężki.** W wieku 30 tygodni indory ważą 20–26 kg, indyczki 10–15 kg [5]. Odnaczają się wybitnym umięśnieniem, szczególnie klatki piersiowej. Stanowią cenny materiał dla przetwórstwa, do produkcji wędlin i porcji kulinarnych. Nieśność dorosłych indyczek jest niewielka, znoszą ok. 50 jaj. Typ ciężki charakteryzują trudności w reprodukcji. W fermach reprodukcyjnych indory służą do kojarzeń z lekkimi lub średnio ciężkimi samicami.

Do produkcji młodych indyków typu brojler przeznaczają się mieszańce międzyrodowe i międzyliniowe, które pozyskiwane są w wyniku reprodukcji najczęściej dwu- i trzystopniowej (schematy 2.2, 2.3, 2.4).

Dzięki temu uzyskuje się tzw. efekt heterozji u mieszańców głównie w cechach nisko odziedziczalnych, tj. przede wszystkim w nieśności, wylęgowości i w zdrowotności. Są to bardzo ważne przymioty, które powinny charakteryzować indyczki używane do dalszej reprodukcji. Mieszańce znoszą więcej jaj, z których następnie lęgną się indyczeta przeznaczone do produkcji młodych ptaków typu brojler.



Schemat 2.2. Kojarzenie jednostopniowe (mieszańce dwurodowe) indyków rzeźnych [3]



**Najcięższe** indyki stanowią mieszańce Big 6, Nicholas 700 oraz Hybrid Euro FP i Hybrid Converter. Optymalny wiek uboju indyczek to 14–16 tydzień, uzyskują one masę ciała wynoszącą w tym okresie 8–10 kg, indory ubijane są w wieku 18–20 tygodni, a ich masa ciała wynosi przeciętnie 17–21 kg. Tuszki ciężkich indyków dzieli się na porcje i wykorzystuje w przetwórstwie. Masę ciała różnych mieszańców indyków przedstawia tabela 2.6.

Tabela 2.6

Masa ciała różnych mieszańców indyków rzeźnych [16]

Wiek (tyg.)	Ciężkie				Średnie		Lekkie	
	Big - 6		Nicholas - 700		BUT- 9		Holly Berry - 91	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
12	9,54	7,08	9,02	6,64	8,63	6,37	5,66	4,26
14	12,09	8,72	11,47	8,13	10,92	7,81	7,11	5,16
16	14,60	10,25	13,93	9,47	13,19	9,12	8,56	5,93
18	17,05	11,46	16,33	10,65	15,40	10,26	9,92	6,61
20	19,42		18,56		17,54			
22	21,72		20,54		19,60			

Wymienione nazwy handlowe mieszańców przeznaczonych do produkcji mięsa były aktualne w roku 2006, firmy hodowlane co pewien czas wytwarzają nowy materiał, doskonalony w określonym kierunku, który otrzymuje nowe nazwy.

**Ekologiczny chów indyków rzeźnych** (ze znakiem Bio) został opracowany przez Radę Europy. Produkowane są one w gospodarstwach ekologicznych, które nie mogą stosować preparatów chemicznych w profilaktyce i żywieniu. Określono ścisłe przepisy w odniesieniu do zasad chowu [2] oraz szczegółowe przepisy dotyczące wybiegów i ich pielęgnacji. Są one następujące:

- **na 1 m<sup>2</sup> można chować nie więcej niż 10 indyków, w 1 budynku utrzymuje się maksymalnie 2500 ptaków, na 1 sztukę należy przeznaczyć co najmniej 2,5 m<sup>2</sup> powierzchni wybiegu;**
- **chów może być prowadzony w budynkach typowych lub też w indycznikach przewożonych na pola czy też pastwiska, lub pola po zebraniu zbóż;**
- **minimalny okres produkcji wynosi 20 tygodni.**

Do chowu ekologicznego przeznacza się indyki wolno rosnące o brązowym lub kolorowym upierzeniu. Technologia tej produkcji oraz przepisy ją regulujące muszą jednak ulec zmianie, bo dotychczasowe doświadczenia nie przyniosły pozytywnych wyników ze względu na wysoką śmiertelność, duże zużycie paszy na jednostkę przyrostu i wysoki koszt produkcji. Ceny tuszek takich indyków są dużo wyższe niż ceny typowych indyków rzeźnych z chowu intensywnego. Indyki z chowu ekologicznego charakteryzuje stosunkowo małe odtuszczenie a konsumenci są przekonani, że jest to produkt tzw. prozdrowotny.

## 2.4. Rody i linie hodowane do produkcji brojlerów kaczyc

W produkcji drobiarskiej użytkowane są dwa gatunki kaczek: kaczki pochodzące od kaczki krzyżówki oraz kaczki piżmowe. Wyhodowano rasy, które są zaliczane do typu ogólnoużytkowego i mięsnego.

**Typ ogólnoużytkowy.** Kaczki zaliczane do tego typu służą przede wszystkim do produkcji brojlerów. Przedstawicielem tego typu, najpowszechniej chowanym, jest rasa Pekin. Charakteryzują je dobre cechy mięsne i dość wysoka nieśność, co pozwala na uzyskanie dużej liczby potomstwa przeznaczanego do produkcji brojlerów. Dorosły kaczor waży 3–4 kg, kaczka 2,5 kg, znosi 140–200 jaj o masie 70–80 g. Pekiny odznaczają się dobrym przystosowaniem do trudnych warunków środowiskowych, dobrymi zdolnościami adaptacyjnymi. W kraju hodowanych jest kilka rodów kaczek rasy Pekin. Są to: A44, A55, P44, P55, P66 i P77. Służą one do krzyżowania międzyrodowego w celu uzyskania mieszańców towarowych, wykazujących efekt heterozji w odniesieniu do cech użytkowych. W stadach rodzicielskich stosuje się następujące kojarzenia:

$$\begin{aligned} & \text{♂A 44} \times \text{♀P 77} \text{ lub } \text{♂P 44} \times \text{♀P 66} \\ & \text{♂A55} \times \text{♀P77} \text{ lub } \text{♂A 55} \times \text{♀P 66} \end{aligned}$$

Odrębnym gatunkiem kaczek zaliczanym do typu ogólnoużytkowego jest kaczka Piżmowa, która ma zarówno cechy kaczek, jak też i gęsi. Jest ona nazywana niekiedy niemą, bowiem nie hałasuje tak jak np. kaczki Pekin. Gatunek ten charakteryzuje silny dymorfizm płciowy, dorosły samiec waży 5 kg, samica ok. 2,5 kg. W obrębie tej rasy wyhodowano ptaki o białej i kolorowej barwie upierzenia. Mięso w smaku przypomina dziczyznę i jest mało otłuszczone. W stadach reprodukcyjnych kaczki noszą jaja w dwóch cyklach trwających po 22 tygodnie, między jednym i drugim cyklem przepierzają się, ogółem mogą znieść do 180 jaj o średniej masie 80 g.

**Typ mięsny.** Charakteryzuje je duża masa ciała, dorosłe kaczory ważą 4–5 kg, kaczki 3,5–4 kg. Mają one długie, szerokie i głębokie tułowy oraz poziomą postawę ciała. Zaczynają znosić jaja późno, bo w wieku 30 tygodni, a ich nieśność jest mała. Typ ten reprezentują kaczki Rouen i Aylesbury.

W użytkowaniu mięsnym kaczek są dwa kierunki: użytkowanie dorosłych i młodych kaczek, czyli brojlerów.

**Kaczki dorosłe** przeznacza się na rzeź nie wcześniej niż w wieku 24 tygodni, przy czym chowane są systemem ekstensywnym na wybiegach i dwa tygodnie przed ubojem żywi paszami wysokoenergetycznymi w celu zwiększenia masy ciała i poprawy umięśnienia. Dotuczanie kaczek przeprowadza się na ograniczonych suchych wybiegach lub w pomieszczeniu zamkniętym, karmiąc je srutami zbożowymi, otrębami pszennymi, parowanymi ziemniakami z dodatkiem preparatów mineralno-witaminowych. Mięso dorosłych kaczek jest przetłuszczone w znacznie większym stopniu aniżeli mięso młodych kaczek, a jego smak zależy od tego, jakimi paszami były żywione.

**Brojlery kaczce** chowa się do wieku 8 tygodni, przeznaczając je na ubój przed rozpoczęciem wymiany piór, tzn. przed pierzeniem. Termin uboju jest istotny z tego względu, że kaczki w czasie pierzenia mają pióra nie w pełni dojrzałe, które określa się nazwą „palki”. Są one trudne do usunięcia w czasie skubania, a tuszka ma przez to wygląd

nieestetyczny. Brojlery, mieszańce międzyrodowe i międzyliniowe po kaczkach Pekin w wieku 8 tygodni ważą średnio 2,5–3,0 kg.

Innym typem brojlerów są **mulardy**, czyli mieszańce po kaczorach Piżmowych i kaczkach Pekin. Przeznaczone głównie na słuśczone wątroby. Ważą one średnio 2,5–3,0 kg, mięso ich jest bardzo smaczne i mniej otłuszczone niż mięso kaczek pochodzących po Pekinach.

Brojlery kaczki można chować tzw. systemem półintensywnym lub intensywnym [8]. Pierwszy z nich, czyli półintensywny polega na tym, że ptaki po ukończeniu trzech tygodni korzystają z wybiegów, które często wyściela się słomą i zabezpiecza przed deszczem i zimnem obudowaną wiatą oraz umożliwia kaczącym dostęp do wody. Przy chowie systemem półintensywnym należy kaczątko chronić przed zamknięciem powodującym przeziębienie, zwłaszcza w pierwszym okresie życia, kiedy to gruczoł kuprowy, którego wydzielina powoduje natłuszczenie piór, nie jest rozwinięty.

Drugi z systemów chowu, czyli intensywny, polega na chowie brojlerów w zamkniętych pomieszczeniach bez wybiegów, o regulowanym automatycznie mikroklimacie. Ten system zalecany jest przede wszystkim wtedy, gdy zamierza się produkować brojlery jesienią i zimą. Na 1 m<sup>2</sup> chowa się 12 kacząt. W tabeli 2.7 przedstawiono masę ciała kaczek utrzymywanych w różnych systemach chowu.

Tabela 2.7

Masa ciała kaczek (g) utrzymywanych w różnych systemach chowu [8]

Wiek (tyg.)	System chowu	Kaczka piżmowa		Kaczka Pekin		Mulardy
		kaczka	kaczor	kaczka	kaczor	
10	intensywny	3445	2212 <sup>a</sup>	2156 <sup>b</sup>	1835 <sup>b</sup>	2397 <sup>b</sup>
	półintensywny	3484	2153 <sup>b</sup>	2300 <sup>a</sup>	2065 <sup>a</sup>	2598 <sup>a</sup>
11	intensywny	3604 <sup>b</sup>	2280 <sup>a</sup>	2256	1799 <sup>b</sup>	2452 <sup>b</sup>
	półintensywny	3669 <sup>a</sup>	2189 <sup>b</sup>	2243	2033 <sup>a</sup>	2679 <sup>a</sup>
13	intensywny	3780	2348	2335	1881 <sup>b</sup>	2488 <sup>b</sup>
	półintensywny	3816	2294	2281	2076 <sup>a</sup>	2767 <sup>a</sup>

\* masa ciała w 12 tyg.

<sup>a, b</sup> różnice statystycznie istotne między systemami przy P≤0,05

Kaczątko są wrażliwe na wilgoć, z tego też względu ściółka powinna być sucha, spełniać rolę izolacyjną oraz dobrze wchłaniać nadmiar wilgoci. Najlepszym do tego materiałem jest pocięta na sieżkę słoma, można stosować również wióry z drzew liściastych. Materiał przeznaczony na ściółkę nie może być spleśniały, bowiem produkty wydzielane przez pleśń, czyli mikrotoksyny, są szczególnie niebezpieczne dla młodych kaczek. Kaczki, zwłaszcza mulardy, można chować do 4 tygodnia na podłodze rusztowej, co jest korzystne ze względu na to, że produkują duże ilości odchodów.

## 2.5. Rody hodowlane przeznaczone do produkcji gęsi

Produkcja gęsi w Polsce od wielu lat utrzymuje się na zbliżonym poziomie, co jest uwarunkowane przede wszystkim możliwościami eksportu. Niemcy są stałym odbiorcą polskich gęsi, które stanowią materiał o wysokiej wartości genetycznej, decydującej o ich wyjątkowych właściwościach sensorycznych i bardzo dobrym umięśnieniu. Krajowe

spożycie mięsa gęsiego jest niewielkie, a wynika to z braku tradycji. Od kilku lat produkcja żywca tego gatunku utrzymuje się na stałym poziomie i wynosi ok. 20 tys. ton rocznie.

W celu zainteresowania krajowych konsumentów mięsem gęsi należy rozwinąć marketing promujący walory tego mięsa, którego jakość można również w znacznym stopniu poprawić poprzez stosowanie w żywieniu (oprócz pasz węglowodanowych, okopowych i zielonek) dużych ilości ziół. W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie tłuszczem, tj. smalcem gęsim, ze względu nie tylko na jego doskonały smak, lecz także walory dietetyczne, bowiem znajduje się w nim duża ilość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Mięso gęsi zawiera wszystkie egzogenne aminokwasy, jest bogate w witaminy oraz w makro- i mikroelementy. Jego wartość odżywcza oraz smak zależy od wieku ptaków, u starych gęsi struktura włókien mięśniowych jest grubowłóknista, mięso młodych osobników charakteryzują dość cienkie włókna mięśniowe i lepszy smak w porównaniu z mięsem starszych.

Hodowla gęsi w Polsce ma wieloletnie tradycje, w wielu rejonach kraju wytworzono różne odmiany, odznaczające się wczesnym dojrzewaniem. Były to gęsi tustomięsne i odmiany późno dojrzewające, tzw. smalcowe, przeznaczone do tuczu przemysłowego późnojesiennego. Obecnie te różne odmiany dwóch wymienionych typów są utrzymywane w Ośrodku Hodowli Drobiu Wodnego Instytutu Zootechniki w Dworzyskach jako stada rezerwy genetycznej. Najpowszechniej hodowaną rasą gęsi jest Biała Włoska, którą importowano do Polski w roku 1962, i nad którą od tego czasu prowadzone są prace selekcyjne w Zootechnicznym Zakładzie Doświadczalnym w Kołudzie Wielkiej. Hodowane są tam dwa rasy: ojcowski W33 i mateczny W11. Charakteryzują je następujące cechy reprodukcyjne [13]:

		W 33	W 11
Masa ciała w wieku 11 tyg. (kg)	♂	4,8	4,6
	+	4,4	4,2
Masa ciała dorosłych gęsi (kg)	♂	6,1	5,7
	+	5,3	5,1
Nieśność w pierwszym roku (szt.)		67	69
Liczba piskląt od gęsi (szt.)		40	46

Do tuczu przeznacza się mieszańce dwurodowe W31, które w wieku 17 tygodni ważą średnio 6,5 kg, zużywając na 1 kg przyrostu 4,3 kg suchej karmy. Masa tuszki patroszonej tych gęsi wynosi 4,3 kg (z szyją), mięśnie piersiowe ważą 780 g, a mięśnie ud i podudzi 730 g. Do ciężkich ras zalicza się gęsi emdeńskie, które ważą 12 kg (gęsiory) i 9 kg (gęsi) oraz tuluskie.

## 2.5. Warunki utrzymania drobiu rzeźnego

### Wymagania środowiskowe kurcząt brojlerów i indyków

W celu uzyskania zgody na prowadzenie fermy drobiu muszą być spełnione szczególne wymagania dotyczące warunków higienicznych, wyposażenia, technologii drobiu, dobrostanu zwierząt. Warunki te są kontrolowane przez upoważnionego lekarza weterynarii raz w roku. Producent jest zobowiązany do prowadzenia dokumentacji zawierającej informacje o stanie zdrowia drobiu. Tylko fermy spełniające warunki weterynaryjne uzyskują licencję na produkcję.



Produkcję młodego drobiu rzeźnego prowadzi się na ściółce, obsada na 1 m<sup>2</sup> powierzchni budynku uzależniona jest od gatunku, masy ciała, jaką osiągną ptaki w momencie zakończenia produkcji, pory roku, typu budynku i jego wyposażenia technologicznego. W produkcji brojlerów kurzych najczęściej stosuje się obsadę na 1 m<sup>2</sup> powierzchni od 17 do 20 czy nawet 23 sztuk. Przy planowaniu obsady indyków należy uwzględnić, jaki jest typ, tzn. czy są to indyki lekkie, średnio ciężkie lub ciężkie, następnie bierze się pod uwagę płeć ptaków i długość okresu produkcji.

Zwiększenie obsady ponad podane normy nie jest zalecane jedynie w przypadku brojlerów kurzych, można nieznacznie przekroczyć jej normy wtedy, gdy budynek ma doskonałą wentylację, wyposażony jest we właściwą dla tej liczby kurcząt – liczbę karmideł i poideł. Jest także oczywiste, że kurczęta pochodzą ze stad wolnych od mykoplazmozy. Normy obsady powinno się podawać nie w sztukach, a w kilogramach, jakie uzyskuje się z 1 m<sup>2</sup>. Jest to wskaźnik bardziej porównywalny, ponieważ ptaki różnią się masą ciała, mimo tego że ich liczba jest taka sama. Obciążenie 1 m<sup>2</sup> podłogi w przypadku kurcząt brojlerów wynosi 38 kg, indorów 58 kg, przy chowie indyczek 52 kg. Także niektóre wskaźniki określające warunki zoohigieniczne, np. częstotliwość wymiany powietrza w budynkach, podaje się w odniesieniu nie do liczby zwierząt, a do ich masy ciała.

Przekroczenie optymalnych norm obsady kurcząt czy indyków w budynku jest niebezpieczne. Doprowadza do zmniejszenia tempa wzrostu i w efekcie do osiągnięcia przez ptaki niższej anizeli masy ciała, stado jest niewyrównane pod względem wielkości. Zbyt duża liczba ptaków na jednostce powierzchni jest czynnikiem stresującym, mogą się one dziobać, źle się opierzać, nie mają pełnej okrywy piór, ściółka jest mokra, nie chłonie nadmiernej ilości wody z odchodów, w pomieszczeniu jest za dużo wilgoci i amoniaku, co powoduje rozwój wielu niebezpiecznych jednostek chorobowych, spowodowanych przez bakterie, pasożyty i wirusy.

### Ściółka

Jakość ściółki ma bardzo silny wpływ na wyniki wychowu ptaków, kształtuje bowiem mikroklimat w pomieszczeniu, izoluje drób od podłogi. Materiał przeznaczony na ściółkę musi być bezpieczny, tj. taki aby nie powodował zatruc oraz zakłóceń we wzroście i rozwoju zwierząt wtedy, gdy byłby przez nie zjadany. Ściółka powinna charakteryzować się dużą zdolnością wchłaniania wilgoci (tab. 2.8), musi być sucha, wolna od pleśni i zanieczyszczeń mechanicznych, nie powinna być także zanieczyszczona chwastami.

Tabela 2.8

Zdolność wchłaniania wody przez różne rodzaje ściółki [4]

Ściółka (100 kg)	Wchłanianie wody (kg)
Torf	404
Słoma żytnia	265
Słoma pszenna	257
Trociny	152
Wióry drzewne	145

Wodochłonność ściółki wywiera duży wpływ na tempo wzrostu i jakość tuszki [12].

Wybór rodzaju ściółki zależy od jej dostępności na rynku i od ceny. W kraju najczęściej stosuje się jako ściółkę słomę ze zbóż ozimych, chłonie ona dobrze wilgoć przez cały okres użytkowania. Odpowiednim materiałem są wióry z drzew liściastych, mają one dobre zdolności absorpcyjne, są elastyczne, łatwe do pielęgnacji jako ściółka i łatwe do usuwania z pomieszczeń. Nie można stosować wiórów z drzew iglastych, gdyż zawierają dużo niebezpiecznych olejków eterycznych, szkodliwie działających na drogi oddechowe. Niezłe właściwości chłonne ma torf, jednak powoduje ogromne zapylenie pomieszczenia. Materiał przeznaczony na ściółkę może być jednorodny lub mieszany. Na ściółkę można przeznaczać także słomę rzepakową, grochowiny, torf lub rozdrobnione kolby kukurydzy.

Grubość świeżo założonej warstwy ściółki w klimacie umiarkowanym w czasie chłódów powinna wynosić 10–15 cm, w cieplej porze roku można tę grubość zmniejszyć, jednak nie za wiele. Zbyt cienka warstwa ściółki ulega zbryleniu na skutek przywierania odchodów ptaków, kurzu i resztek paszy do ściółki zwilgoconej w wyniku rozchlapywania wody. Zawartość wody w ściółce nie powinna przekraczać 20–25%, gdyż zbyt mokra jest środowiskiem sprzyjającym kokcydii i pleśni, a także przyczynia się do odgnieceń (pęcherzy) na mostku. Nadmiernie wysuszona ściółka ulega znacznemu rozpyleniu, drażni drogi oddechowe ptaków i może być przyczyną zapalenia oczu i trwałego uszkodzenia pęcherzyków.

Pielęgnacja polega głównie na usuwaniu mokrej ściółki z okolic poideł i na ewentualnym dołożeniu nowej warstwy. Należy jednak robić to w ostrożny sposób, aby nie płoszyć zwierząt.

### **Temperatura**

Kurczęta i młode indyki charakteryzuje intensywna przemiana materii, organizm ich wytwarza znaczne ilości ciepła, które jest usuwane przez płuca i skórę, przez promieniowanie, przez kontakt z otoczeniem, poprzez unoszenie oraz wraz z kałomoczem. Ptaki nie mają gruczołów potowych, utrata ciepła następuje więc drogą wzmożonego oddychania. Straty ciepła regulowane są przez układ nerwowy, który wpływa na stroszenie się piór oraz regulację światła naczyń krwionośnych. Przy wzroście temperatury pióra przylegają do ciała i dzięki temu straty ciepła są większe, następuje także rozszerzenie się naczyń krwionośnych. Wtedy, gdy obniża się temperatura otoczenia, reakcja organizmu polega na nastroszeniu piór i zwężeniu naczyń krwionośnych, co powoduje zatrzymanie ciepła w organizmie. Temperatura ciała pisklęcia jednodniowego jest o ok. 1,7°C niższa od temperatury dorosłego ptaka, po dziesięciu dniach uzyskuje ono stałą temperaturę, która utrzymuje się na poziomie 41,4°C. Mechanizm regulacji temperatury nie jest w pełni rozwinięty, dopóki puch nie zostanie zamieniony w pióra, odporność na niskie temperatury wzrasta w miarę opierzenia się ptaków. U piskląt przy temperaturze otoczenia wynoszącej np. 26°C temperatura ciała obniża się do 31–32°C, natomiast u dziesięciodniowych temperatura otoczenia utrzymywana na poziomie 26°C nie powoduje istotnego obniżenia temperatury organizmu. Temperatura do 29,5°C nie ma jeszcze wpływu na stałe podwyższenie temperatury ciała, przy nadmiernie wysokiej temperaturze otoczenia (ponad 31°C) następuje podniesienie temperatury organizmu o 0,8°C. Optymalną temperaturę w budynku dla drobiu rzeźnego (tab. 2.9) można osiągnąć, stosując następujące rozwiązania:

- Dwa źródła ciepła, tj. kwoki gazowe lub elektryczne, zapewniające właściwą temperaturę w strefie bytowej, czyli na wysokości grzbietu piskląt przy jednoczesnym ogrzaniu całego wnętrza budynku.
- Jedno źródło ciepła, które ogrzeje budynek do pożądanej temperatury. W takiej sytuacji stosuje się nawiew ciepłego powietrza lub grzejniki centralnego ogrzewania.

Tabela 2.9

Optymalne temperatury w strefie życiowej ptaków [4]

Wiek	Temperatura (°C)		
	pod sztuczną kwoką	w pomieszczeniu ze sztuczną kwoką	w pomieszczeniu bez sztucznej kwoki
<b>Kurczęta brojlery</b>			
Dzień: 1–3	34	24	33
4–7	32–30	22	31
Tydzień: 2	30–26	20	29
3	26–24	20	25
4	24–20	18	22
5–8	–	16	18
<b>Indyki brojlery</b>			
Dzień: 1–3	36–38	28	36
4–7	36–34	25	35
Tydzień: 2	34	24	35
3	32	24	31
4	30	22	28
5	26	20	25
6	24	20	22
7 i powyżej	–	18	18
<b>Kaczki</b>			
Dzień: 1–3	34	26	30
4–7	32–30	24	29
Tydzień: 2	30–28	22	24
3	28–26	20	20
4	26–24	20–18	20
5	–	18	18
6 i powyżej	–	18	18
<b>Gęsi</b>			
Dzień: 1–3	33	28	29
4–7	31	24	28
Tydzień: 2	31–27	24–22	28
3	27–25	22	23
4	25	22	20
5	–	20	18
6 i powyżej	–	18	18

W pierwszych siedmiu dniach chowu w odległości 40 cm od źródła ciepła instaluje się parawany (kręgi) z tektury lub płyty spilśnionej o wysokości 45–60 cm, stwarzające ptakom korzystne warunki odchowu i pozwalające obsłudze na obserwację zachowania się piskląt. Po trzech dniach parawany te odsuwa się na dalszą odległość.

### **Wilgotność**

Głównymi źródłami wilgoci w budynku są: para wodna wydychana przez ptaki, odchody, woda rozchlapywana z poideł, wilgoć dostająca się z zewnątrz, niedostateczna izolacja stropu i ścian w budynku powodująca skraplanie się pary wodnej. Optymalny poziom wilgotności względnej mieści się w granicach od 65 do 75%. Przy zbyt wysokiej wilgotności i jednocześnie wysokiej temperaturze jest utrudnione oddawanie ciepła przez ptaki. W niskich temperaturach i przy wysokiej wilgotności organizm ulega nadmiernemu ochładzaniu. Przy niskiej wilgotności poniżej 55% następuje wysychanie błon śluzowych górnych dróg oddechowych, pojawiają się problemy z opieraniem i wzrasta bardzo zapylenie pomieszczenia.

W celu ograniczenia emisji amoniaku stosuje się różne dodatki chemiczne, naturalne i mikrobiologiczne do ściółki, paszy lub wody. Dodatki chemiczne nie znalazły zastosowania w praktyce ze względu na właściwości toksyczne i krótkotrwałe działanie. Dodatki naturalne – glinokrzemiany: bentonit, zeolity, dolomit, kaolin; surowce huminowe: torf i węgiel brunatny; preparaty huminowe: Humokarbowit oraz preparaty saponinowe: Micro-Aid i De-Odorase należą do preparatów ekologicznych, nieszkodliwych dla zwierząt, mających dobre właściwości higroskopijne, a poza tym wzbogacają ściółkę w makro- i mikroelementy. Wysoką skuteczność redukcji amoniaku wykazują dodatki mikrobiologiczne, czyli preparaty bakteryjne oparte głównie na szczepach *Lactobacillus* i *Bacillus*. Działanie ich polega na rozkładzie związków organicznych znajdujących się w odchodach, dzięki czemu ograniczone są procesy beztlenowe rozkładu białek.

Powstawanie amoniaku można również ograniczyć przez stosowanie promieniowania ultrafioletowego, jonizacji ujemnej powietrza czy specjalnej wentylacji mechanicznej z recyrkulacją.

### **Skład powietrza w budynku**

Na stan zdrowia młodych ptaków i ich wzrost wpływa w istotny sposób skład gazo- wy powietrza w budynku. Ptaki nie tolerują nadmiernej ilości amoniaku, który jest najbardziej dla nich szkodliwy i najtrudniejszy do usunięcia z budynku, w przeciwieństwie do siarkowodoru i dwutlenku węgla (przy sprawnie działającej wentylacji zwykle nie przekracza dopuszczalnych norm). Źródłem amoniaku jest rozkładający się pomiot, resztki paszy oraz ściółka. Duża zawartość amoniaku powoduje podrażnienie spojówek oczu oraz śluzówki dróg oddechowych. Amoniak przy zetknięciu z wilgotną błoną śluzówki obniża jej odporność na zakażenie, a wchłonięty do organizmu zmienia hemoglobinę w hematynę zasadową, co powoduje niedokrwistość i drażnienie centralnego układu nerwowego. Dopuszczalne stężenie amoniaku wynosi 0,002%. Tworzy się już wtedy, gdy ściółka ma 19% wilgotności. Przy wilgotności ściółki wynoszącej 33% oraz wilgotności powietrza 70% wytwarzany jest w ilościach toksycznych. Toksyczne działanie siarkowodoru (dopuszczalne normy wynoszą 0,0019%) powoduje stan zapalny błon śluzowych, dostając się do krwi łączy się z żelazem hemoglobiny, która przez to traci zdolność przenoszenia tlenu. Dopuszczalna zawartość dwutlenku węgla wynosi 0,3%.

Zapylenie powietrza kształtuje również mikroklimat w budynku. Źródło pyłu to: ściółka, pasza, wysuszone odchody, złuszczone naskórek, pióra oraz pyły z zewnątrz, jeśli budynek nie jest wyposażony w specjalne filtry. Na cząsteczkach pyłów przenoszone są mikroorganizmy chorobotwórcze. Przekroczenie zapylenia od ponad 20 do 30 mg na 1 m<sup>3</sup> powietrza, przy dużej wilgotności oraz dużej koncentracji amoniaku, niekorzystnie wpływa na stan zdrowia drobiu.

### Ruch i wymiana powietrza

Wszystkie młode ptaki są wrażliwe na przeciągi, powodujące nadmierne ochładzanie powietrza i wzmagające zapylenie pomieszczenia. W pierwszych dniach życia piskląt niedopuszczalny jest ruch powietrza szybszy niż 0,5 m<sup>3</sup>/h zimą i 5 m<sup>3</sup>/h latem [4]. U starszych ptaków nie powinien przekraczać 0,7 m<sup>3</sup>/h zimą i 6 m<sup>3</sup>/h latem w przeliczeniu na 1 kg masy ciała. Wymiana powietrza uzależniona jest w naszych warunkach klimatycznych od pory roku, warunków klimatycznych i typu budynku oraz obsady (tab. 2.10).

Tabela 2.10

Wskaźniki wymiany powietrza i prędkości ruchu powietrza w pomieszczeniach dla drobiu [4]

Kierunek użytkowania	Wskaźnik wymiany powietrza (m <sup>3</sup> /h/kg) i prędkość ruchu powietrza (m/s)			
	zima		lato	
	(m <sup>3</sup> /h/kg)	(m/s)	(m <sup>3</sup> /h/kg)	(m/s)
Drób grzebiący:				
kurczęta młodzię 1–21 tyg.	0,5	0,2–0,3	5,0	1,0
kurczęta brojlery	0,5	0,3–0,5	6,0	1,5
kury mięsne	0,5	0,3–0,5	5,0	1,5
indyki brojlery	0,8	0,2–0,3	7,0	1,5–2,0
indyki młodzię 1–30 tyg.	0,8	0,2–0,3	7,0	1,5–2,0
indyki dorosłe	0,8	0,3	7,0	1,5–2,0
	Pomieszczenia			
	z oknami i wybiegami		bez okien	
Drób wodny (dot. pomieszczeń ogrzew.)				
kaczki brojlery	0,8	0,15	5,0	0,8
kaczki młodzię	0,8	0,15	5,0	0,8
kaczki dorosłe	0,8	0,3	5,0–8,0	1,2
gęsi brojlery i chów do tuczu	0,8–1,0	0,2	5,0	0,8
gęsi młodzię	0,8–1,0	0,2	5,0–6,0	0,8
gęsi dorosłe	0,8–1,0	0,3	5,0–8,0	1,0

### Światło

W celu uzyskania prawidłowego wzrostu i rozwoju młodego drobiu rzeźnego zaleca się stosowanie intensywnego oświetlenia przez pierwsze 3 dni chowu, następnie przez cały okres produkcji zmniejsza się natężenie oświetlenia, działa ono uspokajająco na ptaki, nie powoduje niepotrzebnych stresów i przyczynia się do dobrego wykorzystania paszy. W pierwszych dniach chowu należy oświetlać wnętrze budynku przez 24 godz. w ciągu

doby, aby pisklęta przyzwyczyły się do warunków środowiskowych, tj. do pobierania paszy i wody. Następnie od 2. tygodnia skraca się długość okresu oświetlenia, stosując na przemian okresy, kiedy światło jest włączone i później na jakiś czas wyłączone. Jest wiele zalecanych w praktyce programów oświetlenia dla kurcząt, np. jeden z nich polega na tym, że w cyklu dobowym stosuje się na przemian 1 godz. światła i następnie 3 godz. ciemności. Takie postępowanie wymaga zainstalowania programów automatycznej regulacji oświetlenia w brojlerni, po to by w sposób jak najmniej stresujący włączały i następnie wyłączały światło. Zaprogramowanie oświetlenia znacznie obniża koszt energii elektrycznej, powodując jednocześnie lepsze niż w przypadku ciągłego oświetlenia wykorzystanie paszy, drób w takich warunkach mniej się stresuje, stwierdzono też w stadach mniejszą śmiertelność. Program świetlny dla indyków rzeźnych [3] podano w tabeli 2.11.

Tabela 2.11

Program świetlny dla młodych indyków rzeźnych [3]

Wiek	Światło (godz./dobę)	Intensywność oświetlenia (lx)
1–3 dzień	24	100
4–14 dzień	14 (promienniki koloru czerwonego)	2–6
3–13 tydzień	12	5–6
od 14 tygodnia do końca wychowu	16–18	5–6

**Ogólne zasady chowu kaczek i gęsi** dotyczą również warunków wychowu. W pierwszych dniach życia pisklęta wymagają dość wysokich temperatur (tab. 2.9), wobec czego w pomieszczeniu instaluje się źródła ciepła, którymi mogą być sztuczne kwoki lub nagrzewnice. Temperatura w tzw. strefie bytowej, tj. na wysokości grzbietu piskląt powinna wynosić bezpośrednio po wylęgu 35°C, a temperatura w budynku na wysokości 1,5 m – 26°C. Bardzo ważna jest w pierwszych dniach chowu jakość ściółki, która powinna być zawsze sucha i czysta, jest to bowiem warunek zapewniający higieniczne utrzymanie ptaków. Na ściółkę przeznaczają się najczęściej pociętą na sieczkę słomę żytnią, początkowo o grubości 10 cm, następnie w miarę jej zanieczyszczenia dokłada się sukcesywnie nowe warstwy do grubości nie większej niż 40 cm. Wybieg także powinien być pokryty warstwą słomy. Dobrym materiałem przeznaczonym na ściółkę są również wióry, pocięta słoma rzepakowa lub też rozdrobnione kolby kukurydzy. Młode ptaki charakteryzuje intensywna przemiana materii, wobec czego wymagają, aby w pomieszczeniach była dostateczna ilość tlenu, co można uzyskać, stosując wydajną wentylację, umożliwiającą usunięcie z budynku nadmiaru pary wodnej, amoniaku, dwutlenku węgla i siarkowodoru. Brak tlenu wpływa na osłabienie apetytu, zahamowanie wzrostu, demineralizację kości, nadmiar szkodliwych gazów drażni błony śluzowe, powoduje anemię, poraża układ oddechowy. Optymalna wilgotność wynosi 65%. Nadmierne wysuszenie powietrza zmniejsza apetyt, podrażnia błony śluzowe, ułatwiając przenikanie przez nie bakterii chorobotwórczych. W pierwszych trzech dniach życia stosuje się całodobowe oświetlenie, by pisklęta przyzwyczyły się do nowego dla nich środowiska; pożądane jest jednak, aby było ono przyciemnione nocą, u starszych ptaków łączna liczba godzin światła naturalnego i sztucznego powinna wynosić 14 godz. przy intensywności 16 lx [13].

Pomieszczenia przeznaczone dla kaczek i gęsi mają być suche i jasne ze swobodnym wychodzeniem na ogrodzone wybiegi, z których mogą korzystać nawet nocą. Wielkość wybiegu przekracza dwukrotnie powierzchnię pomieszczenia, pokrywa się go słomą, jeśli nie jest utwardzony. Natomiast utwardzenie wybiegu np. asfaltem lub betonem pozwala na codzienne jego zmywanie i częstą dezynfekcję. Na wybiegu rozstawia się daszki chroniące ptaki przed słońcem oraz karmidła i poidła.

Niewielkie stada kaczek i gęsi utrzymywane są systemem ekstensywnym, korzystają one w ciągu dnia z naturalnych zielonych wybiegów, a na noc wracają do pomieszczeń. Teren, na którym żerują, dostarcza im wiosną, latem i jesienią dostateczną ilość pasz zielonych, które powinny być uzupełnione ziarnem zbóż lub mieszanką treściwą. W celu zwiększenia masy ciała i poprawienia umięśnienia ptaki należy jesienią dotuczać, karmiąc je owsem i marchwią lub karmą wilgotną, składającą się np. z ziemniaków parowanych, otrąb pszennych, śruty kukurydzianej lub pszennej. Dotuczanie trwa 24 dni. Tuszka takich gęsi jest bardzo dobrze umięśniona, pod skórą znajduje się niezbyt gruba warstwa tłuszczu. Skóra z tłuszczem jest barwy żółtej.

## 2.6. Higiena i profilaktyka w chowie drobiu

Istotnym czynnikiem przyczyniającym się do uzyskiwania przez **brojlery kurze** szybkiego tempa wzrostu, unikania padnięć, dobrego wykorzystania paszy jest zapobieganie chorobom, co w efekcie daje zadowalające wyniki ekonomiczne. Leczenie nie zawsze jest skuteczne, podawane leki w wielu przypadkach powodują:

- osłabienie tempa wzrostu,
- obniżenie wydajności rzeźnej,
- nietypową pigmentację tuszek,
- dodatkowe nakłady pracy,
- obciążenie kosztami leków.

Poza tym związki chemiczne wchodzące w skład leków mogą kumulować się w tkankach kurcząt.

Do najczęściej występujących chorób pasożytniczych u brojlerów kurzych należy kokcydioza, a chorobami bakteryjnymi są: kolibakterioza, salmonelloza, mykoplazmoza, zakażenie *Clostridium*, wirusowymi: zakaźne zapalenie torby Fabrycjusza (Gumboro IBD), rzekomy pomór drobiu, zespół złego wchłaniania [18].

**Indyki** nie mają nawyku grzebania w ściółce, aby więc utrzymać suchą i nie zbitą ściółkę, należy kilka razy w tygodniu ją wzruszać i w okolicach poidel usuwać mokrą. Indyki są bardzo wrażliwe na grzyby i wydzielane przez nie toksyny, wobec czego przez cały okres produkcji należy zapewnić im suche podłoże. Każde stado jest objęte opieką lekarza weterynarii, który dokonuje rutynowych szczepień i zabiegów profilaktycznych, zgodnie z zaleceniami firmy dostarczającej producentowi dany typ ptaków.

Przy niewłaściwej pielęgnacji indyków do najgroźniejszych chorób atakujących stada należą: choroby pasożytnicze, tj. kokcydioza, „czarna główka” (szczególnie niebezpieczna u ptaków w wieku od 3 do 12 tygodni), glistnica, choroby grzybicze: aspergilloza, daktylarioza, strupień woszczykowaty, choroby bakteryjne: salmonelloza, kolibakterioza, mykoplazmoza, kampylobakterioza oraz choroby wirusowe, takie jak: zakaźne zapalenie nosa i tchawicy (TRT), a także krwotoczne zapalenie jelit (HE).

W stadach utrzymywanych w pomieszczeniach o nadmiernej ilości światła, przy dużym zagęszczeniu, niewłaściwej wentylacji i przegrzaniu występuje pterofagia (wydziobanie piór) i kanibalizm, nawyki te są bardzo niebezpieczne, doprowadzają do dużej śmiertelności i trudno jest od nich odzwycząć ptaki.

W pierwszych tygodniach chowu **kaczek** występuje wiele zagrożeń mikrobiologicznych, np. zakażenia wirusowe, bakteryjne i grzybowe. Kaczęta, szczególnie pizmowe, legną się z niedorozwojem nerek, objawiającym się przede wszystkim trudnościami w poruszaniu się oraz biegunką barwy białej lub białym zagęszczonym kałem. Leczniczko stosuje się środki moczopędne, takie jak: Diurewet, Urosan i inne. W tym zakresie należy zmniejszyć ilość białka w paszy, stosując śrutę pszenną oraz wskazane jest podawanie preparatów zawierających witaminy z grupy B, pobudzające przemiany metaboliczne w nerkach i wątrobie.

Do chorób spowodowanych zainfekowaniem paszy lub ściółki sporami grzybów *Aspergillus* spp. należy aspergiloza układu oddechowego. Zapobieganie aspergilozie jest możliwe dzięki stosowaniu dokładnej dezynfekcji pomieszczenia przed zasiedleniem budynku i rozpylaniu w obecności ptaków substancji działających na grzyby, zawierających w swym składzie np. jod.

Bardzo niebezpieczną, zagrażającą kaczkom pizmowym i mulardom jest choroba Derzsy'ego, przeciw której stosuje się szczepienia profilaktyczne. Kaczki Pekin chorują często na wirusowe zapalenie wątroby, zabezpieczeniem jest szczepienie profilaktyczne. Do niezwykle niebezpiecznych chorób dla kaczek, jak również dla człowieka należy zakażenie salmonellami (*S. typhimurium* i *S. enteritidis*). Leczenie prowadzi się za pomocą antybiotyków.

W czasie chowu **młodych gęsi** trzeba zapewnić ptakom jak najlepsze warunki środowiskowe. Przed zasiedleniem – pomieszczenia powinno się doskonale oczyścić, umyć i zdezynfekować, aby ptaki były zdrowe i mogły się prawidłowo rozwijać. Gęsięta przeznaczone do chowu w tym samym pomieszczeniu mają być w jednym wieku i pochodzić z tego samego źródła zakupu. Konieczne jest także dokładne wykonanie dezynfekcji wybiegu.

Najczęściej występującym schorzeniem wywołanym niewłaściwymi warunkami chowu jest aspergiloza, choroba układu oddechowego, spowodowana przez grzyb z rodzaju *Aspergillus*. Do czynników przyczyniających się do zakażenia należy spleśniała ściółka, brak w paszy witaminy A, wilgoć lub nadmierne zapylenie pomieszczenia.

Inną chorobą przynoszącą duże straty, rozwijającą się w pomieszczeniach o złych warunkach zoohigienicznych, jest kokcydioza. Jej przyczyną są pierwotniaki *Eimeria anseris*. Do chorób niebezpiecznych nie tylko dla ptaków, lecz także dla ludzi zalicza się salmonellozy, wywołane bakteriami *Salmonella Enteritidis*. Czynnikiem usposabiającym są przede wszystkim niewłaściwe warunki środowiskowe. Stada gęsi atakowane są przez wirus z rodzaju *Parvovirusów*, wywołujący chorobę Derzsy'ego. Jest to jednostka chorobowa objęta programem profilaktycznym.



## 2.7. Streszczenie

Praca hodowlana prowadzona w stadach drobiu mięsnego doprowadziła do znacznego przyspieszenia początkowego tempa wzrostu i zwiększenia masy mięśni w tuszce, co pozwoliło na skrócenie okresu produkcji. Współcześnie przeznaczone do chowu kurczęta brojlery, indyki czy też kaczki charakteryzuje także znacznie większa wydajność rzeźna i korzystniejsze wskaźniki produkcyjne w porównaniu z populacjami użytkowymi w poprzednich latach. Firmy hodowlane, dostosowując się do wymagań rynku, co roku doskonałą wytwarzany materiał, oferując nowe mieszańce międzyrodowe i międzyliniowe, które na przykład ze względu na bardzo dobrze wykształcone mięśnie piersiowe i udowe bardziej nadają się do przetwórstwa w porównaniu z mieszańcami przeznaczonymi do obrotu handlowego w postaci całych tuszek. Obok szybko rosnącego drobiu rzeźnego przeznaczonego do chowu systemem intensywnym firmy hodowlane prowadzą prace selekcyjne nad wytworzeniem populacji przeznaczonych do chowu ekstensywnego czy też półintensywnego, których przykładem są omówione w rozdziale kurczęta Label Rouge. Niewątpliwym sukcesem polskiej hodowli jest stado zarodowe gęsi Biała Kołudzka, które ze względu na doskonałą jakość mięsa i korzystne wyniki produkcyjne osiągane w chowie tzw. gęsi owsianych jest wysoko cenione przez odbiorców zagranicznych.

W celu uzyskania mięsa drobiu rzeźnego o dobrej jakości należy bezwzględnie dbać o warunki chowu, gdyż nawet najbardziej wartościowe pod względem genetycznym osobniki utrzymywane w złych warunkach, tj. np. w pomieszczeniu o dużym stężeniu amoniaku, na mokrej ściółce, w nadmiernym zagęszczeniu nie osiągną wymaganej masy ciała, będą źle umięśnione i jakość ich mięsa będzie niezadowalająca. Drób rzeźny o intensywnym tempie początkowego wzrostu wymaga stosowania określonych zabiegów profilaktycznych, pozwalających na ochronę ptaków przed wieloma jednostkami chorobowymi oraz na utrzymanie stad w dobrej kondycji.

## Piśmiennictwo

- [1] Culioli J., Touraille C., Bordes P., Girard J.P.: 1990. Caracteristiques des carcasses et de la viande du poulet 'label fermier'. Arch. Gefügelk. 53, 237–245.
- [2] Damme K.: 2003. Ekologiczny odchów indyków rzeźnych. II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Indyki - 2003”, UWM, Olsztyn, 16–18.
- [3] Faruga A., Jankowski J.: 1996. Indyki. Hodowla i użytkowanie, PWRiL, Warszawa.
- [4] Górski J., Stulich R., Biesiada-Drzazga B., Witak B.: 1993. Zasady i technika chowu drobiu młodego i dorosłego. Rozdz. VI, [w:] „Hodowla drobiu i użytkowanie drobiu” pod red. nauk. E. Świerczewskiej. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [5] Grashorn M.,A.: 1995. Growth and slaughter characteristic of different turkey lines. Proceed. XII Europ. Symp. Quality of Poultry Meat, Zaragoza, Spain, 157–164.
- [6] Grashorn M., Brose K.: 1997. Quality assurance in „Label” programs for chicken meat. Proceed. XIII Europ. Symp. Quality of Poultry Meat, Poznań, 619–624.
- [7] Lesson S., Summers J.D.: 2001. Nutrition of the chicken. Pub. Univ. Books P.O. Box 1326, Guelph, Ontario, Canada.
- [8] Paci G., Bagliacca M., Marzoni M., Avanzi C.F.: 1993. Meat quality of Italian strains of Muscovy, Common and Muscovy x Common ducks bred under two different technologies. 11<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality of Poultry Meat. Tours, France, 66–73.

- 
- [9] Potemkowska E.: 1983. Technologia przemysłowej produkcji drobiarskiej. PWRiL, Warszawa.
- [10] Remignon H., Culioli J.: 1995. Meat quality traits of French „Label” chickens. *Proceed. XII Europ. Symp. Quality of Poultry Meat*, Zaragoza, Spain, 145–150.
- [11] Ristic M.: 2003. Meat quality of broilers from the organic production. *XVI<sup>th</sup> Eur. Symp. Quality of Poultry Meat*. Saint-Brieuc-Ploufragan, France, 429–436.
- [12] Shanawany M.M.: 1992. Influence of litter water-holding capacity on broiler weight and carcass quality. *Arch. Gefügelk.* 56, 4, 177–178.
- [13] Świerczewska E., Wężyk S., Horbańczuk J.: 1999. Chów drobiu. *Rozdz.: Chów kur, Wężyk S. Rozdz.: Chów gęsi i kaczek*, Oficyna Wydawnicza „Hoża”.
- [14] Świerczewska E.: 2000. Hodowla drobiu i technologia jego chowu. *Rozdz.: 3, 4, 8, 10*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [15] Świerczewska E.: 2000. Produkcja mięsa drobiowego w Polsce – konieczność poprawy jego jakości. *Zesz. Nauk. PTZ*, 52, 101–114.
- [16] Świerczewska E., Jankowski J.: 2003. Charakterystyka mieszańców używanych do produkcji mięsa w zależności od ich przeznaczenia do handlu i przetwórstwa. Program Sapard PI-06-04/00. EPRD Biuro Polityki Gospodarczej i Rozwoju Regionalnego, Kielce, Komponent A, 132–137.
- [17] Van der Sluis W.: 1999. The broiler for the next century. *World Poultry*, 8, 15, 28–30.
- [18] Wieliczko A.: 2003. Aktualne zagrożenia zdrowotne w produkcji drobiu nieśnego i brojlerów. Program Sapard PI-06-04/00. EPRD Biuro Polityki Gospodarczej i Rozwoju Regionalnego, Kielce, Komponent A, 52–71.

# 3.

## PODSTAWY ŻYWIENIA DROBIU RZEŹNEGO

*Ewa Świerczewska*

### 3.1. Wpływ żywienia na jakość surowca

Krótki okres produkcji młodego drobiu rzeźnego oraz jego intensywne tempo wzrostu są czynnikami nie pozwalającymi na popełnienie jakiegokolwiek błędu w żywieniu. Nawet drobne uchybienia mają swoje konsekwencje, polegające przede wszystkim na osłabieniu szybkości wzrostu, zwiększeniu zużycia paszy i w rezultacie – gorszych efektach ekonomicznych.

Zawartość składników pokarmowych w mieszankach paszowych jest dostosowana do gatunku drobiu, tempa wzrostu i długości okresu produkcji. Mieszanki mogą być sporządzane we własnym zakresie przez producenta lub przez wytwórnie pasz. Produkcja własna pasz obniża koszty wychowu drobiu ponieważ producenci mogą wytwarzać tańsze pasze w oparciu o posiadane surowce podstawowe.

**Białko.** Źródłem białka w mieszankach paszowych są surowce pochodzenia roślinnego, aminokwasy syntetyczne lub surowce pochodzenia zwierzęcego (jeśli są dopuszczone do stosowania w żywieniu zwierząt). We wszystkich mieszankach, niezależnie od tego, z jakich surowców pochodzi białko, wszystkie aminokwasy muszą być dokładnie zbilansowane, bowiem zarówno ich niedobór, jak i nadmiar jest szkodliwy. Niedobór aminokwasów powoduje zwolnienie tempa wzrostu i obniżenie masy ciała. Przy nadmiarze np. lizyny następuje zwiększone zapotrzebowanie na argininę, bowiem lizyna jest magazynowana w organizmie, natomiast arginina dość szybko z niego usuwana. Nadmiar metioniny powoduje zahamowanie wzrostu, zwyrodnienie mięśni oraz wzrost zawartości lipidów w wątrobie. Niedobór aminokwasów siarkowych (metioniny, cystyny, cysteiny) prowadzi do zahamowania rozwoju piór, a niedobór tyrozyny powoduje zaburzenia w funkcjonowaniu tarczycy, nadnerczy, wątroby.

Białko jest nie tylko składnikiem budulcowym mięśni, lecz także i piór. Do budowy piór w początkowym okresie wzrostu drobiu zostaje wykorzystane ok. 5–6%, w późniejszym okresie 11–12% pobranego z paszy białka. W okresie wzrostu kurcząt zwiększa się zapotrzebowanie na aminokwasy siarkowe i ulega zmianie stosunek ilości aminokwasów siarkowych do lizyny (w tuszce wynosi 1:0,62, w piórach 1:5). Niedobór białka, a zwłaszcza aminokwasów egzogennych takich jak np. lizyna powoduje gorsze umięśnienie

oraz przyczynia się do wzrostu otluszczenia. Zwiększa się również zapotrzebowanie na witaminy i substancje mineralne. Poza tym w wyniku zmiany składu tuszki wynikającej ze zwiększonego w niej udziału białych mięśni wzrasta zapotrzebowanie na określone aminokwasy.

W karmie młodego drobiu musi być zapewnione pokrycie na aminokwasy egzogenne, które nie są syntetyzowane przez organizm. Należą do nich: arginina, fenyloalanina, histydyna, izoleucyna, leucyna, lizyna, metionina, treonina, tryptofan, walina. Aminokwasami endogennymi, tj. takimi, które organizm może sam syntetyzować, są: alanina, kwas asparaginowy, asparagina, kwas glutaminowy, glutamina, hydroksyprolina, prolina, seryna, glicyna. Niektóre aminokwasy (półegzogenne) mogą być wytwarzane z określonych aminokwasów egzogennych, np. cystyna z metioniny, tyrozyna z fenyloalaniny, hydroksylina z lizyny. Do najważniejszych aminokwasów tzw. limitujących, dostarczanych w mieszankach pochodzenia roślinnego, należą: lizyna, metionina, cystyna, tryptofan i tyrozyna. Dodawane są one w formie syntetycznej. Zalecane normy zawartości aminokwasów [20] w mieszankach ilustruje tabela 3.1.

Tabela 3.1

Procentowa zawartość aminokwasów w trzech typach mieszanek o różnej zawartości białka ogólnego [20]

Rodzaj aminokwasu	Mieszanki typu					
	starter		grower		finisz	
	22	20	20	18	18	16
Arginina	1,20	1,10	1,05	0,95	0,90	0,85
Lizyna	1,15	1,05	1,00	0,90	0,90	0,80
Metionina	0,48	0,42	0,40	0,38	0,37	0,36
Metionina+cystyna	0,82	0,75	0,70	0,65	0,64	0,61
Tryptofan	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13
Histydyna	0,35	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
Leucyna	1,40	1,20	1,10	1,00	1,00	0,90
Izoleucyna	0,75	0,60	0,55	0,50	0,47	0,45
Fenyloalanina	0,75	0,65	0,60	0,55	0,53	0,50
Fenyloalanina + tyrozyna	1,40	1,20	1,10	1,00	1,00	0,90
Treonina	0,70	0,62	0,60	0,55	0,55	0,50
Walina	0,80	0,70	0,65	0,60	0,58	0,55
Glicyna	1,00	0,90	0,85	0,85	0,75	0,70

**Energia.** Wartość energetyczna paszy jest wyrażona w MJ energii metabolicznej (EM) zawartej w 1 kg mieszanki, a jej poziom wynosi od 12 do 14 MJ. W pierwszym okresie wzrostu drobiu stosuje się pasze o niższej zawartości energii aniżeli w końcowym okresie produkcji. Źródłem energii są sruły zbożowe, głównie kukurydza i pszenica oraz tłuszcz roślinny, taki jak np. sojowy czy też rzepakowy, ewentualnie tłuszcz pochodzenia zwierzęcego [35], np. tłuszcz drobiowy (tab. 3.2).

Kurczętom do mieszanki typu starter, stosowanej w pierwszym okresie wychowu, dodaje się nie więcej niż 2% tłuszczu, w późniejszym okresie zwiększa się jego ilość do 4%. Dalsze zwiększanie zawartości tłuszczu powoduje wzrost otłuszczenia tuszek. Dodatek tłuszczu do paszy dla kurcząt i indyków jest również korzystny ze względu na poprawę smakowitości mieszanki i poprawę struktury. Poza tym przyczynia się do zmniejszenia zużycia karmy. Wpływa także decydująco na jakość mięsa, powodując modyfikację składu tłuszczu zawartego w tkance mięśniowej. Dodatek tłuszczów roślinnych wzbogaca mięśnie w polienowe kwasy tłuszczowe. Źródłem tych kwasów tłuszczowych są także nasiona roślin oleistych, takich jak rzepak czy len.

Tabela 3.2

Masa ciała brojlerów, masa tuszki (g) oraz ilość tłuszczu sadelkowego (%) w zależności od rodzaju tłuszczu stosowanego w mieszance [35]

Rodzaj tłuszczu	Masa ciała 49 dni (g)	Masa tuszki schłodzonej (g)	Ilość tłuszczu sadelkowego w tuszce (%)
Nasiona rzepaku	2088	1459	1,77
Olej słonecznikowy	2120	1512	2,36
Smalec	2120	1490	2,4
Tłuszcz techniczny	2090	1454	2,47

Zawartość np. kwasu linolowego zwiększa się wraz ze stosowaniem w paszy oleju z kukurydzy, słonecznika, soi lub oleju rybnego [15, 21, 23, 29, 37]. Przy dodatku tych surowców, w celu zabezpieczenia przed procesami utleniania oraz wystąpienia niekorzystnego rybiego zapachu, pasza powinna zawierać co najmniej 200 mg octanu tokoferolu w 1 kg lub inne antyutleniacze [18].

Skład kwasów tłuszczowych decyduje także o stabilności lipidów mięśni. Stwierdzono na przykład, że mięso kurcząt żywionych paszą zawierającą olej z oliwek lub z kosa jest w mniejszym stopniu podatne na utlenianie niż mięso kurcząt otrzymujących karmę z dodatkiem oleju lnianego [18] (patrz rozdz. 7).

**Witaminy.** Dodawane są do mieszanek dla kurcząt jako preparaty syntetyczne w formie prefiksów. W podstawowych surowcach pochodzenia naturalnego mogą być tylko częściowo wykorzystane. W czasie przechowywania surowców przez dłuższy czas następują straty witamin. Zazwyczaj mieszanki paszowe zawierają optymalną zawartość witamin, dlatego nie należy ich dodatkowo wzbogacać, co może prowadzić do przedawkowania, szczególnie witaminy A, niacyny lub witaminy B<sub>6</sub> [19]. Szczególnie duże zagrożenie dla zdrowia ptaków stanowi nadmiar witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, gdyż kumulują się one w wątrobie i nie są usuwane z organizmu [30]. Na przykład nadmiar witaminy E może powodować zwiększenie zapotrzebowania na witaminy A i D [20], co przedstawia tabela 3.3.

**Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach** to A, D, E, K; są magazynowane w wątrobie i tkance tłuszczowej w ilościach zależnych od podawania. Zapasy wymienionych witamin mogą być uruchomiane w miarę zapotrzebowania organizmu. Jednak nadmierna ich akumulacja staje się toksyczna, ponieważ nie są one wydalane z moczem.

Tabela 3.3

Zawartość witamin i związków mineralnych w mieszankach dla kurcząt [20]

WITAMINY	grower	finisz
Witamina A (j.m)	9000	7500
Witamina D <sub>3</sub> (j.m.)	1500	1200
Cholina (mg)	1600	1300
Ryboflawina (mg)	5,5	4
Kwas pantotenowy (mg)	14	10
Witamina B <sub>12</sub> (mg)	0,013	0,01
Kwas foliowy (mg)	0,85	0,3
Biotyna (mg)	0,2	0,1
Nacyna (mg)	40	40
Witamina K (mg)	1,5	1,5
Witamina E (j.m.)	20	15
Tiamina (mg)	2,2	2
Pirydoksyna (mg)	4	3,5
ZWIĄZKI MINERALNE		
Magnez (mg)		66
Żelazo (mg)		96
Miedź (mg)		8
Cynk (mg)		60
Selen (mg)		0,2
Jod (mg)		0,42
Magnez (mg)		600
Chlor (mg)		1500
Na (%)		0,17
K (%)		0,5

**Witamina A** jest niezbędna do prawidłowego rozwoju młodego drobiu. Zapobiega nieprawidłowościom koordynacji ruchowej, utrzymuje właściwy stan fizjologiczny błon śluzowych, przyczynia się do wzrostu i rozwoju tkanki chrzęstnej. Niedobór prowadzi do tzw. ślepoty kurzej, spowodowanej zaburzeniami regeneracji czerwieni wzrokowej.

**Witamina D** jest konieczna do prawidłowej przemiany wapnia i fosforu przy tworzeniu kośćca. Niedobór powoduje krzywicę, charakterystycznym jej objawem jest zgrubienie nasad i chrząstek łączących zebra.

**Witamina E.** Jej braki powodują skazę wysiękową u kurcząt i indycząt, której objawami są obrzęki na skórze, encefalomelację (rozmiękczenie mózgu), uszkodzenia mózdzku, objawiające się zaburzeniami ruchu. U indyków żywionych paszą niedoborową pod względem tej witaminy następuje miopatia mielca.

**Witamina K.** Jej rola polega na zapewnieniu prawidłowych procesów krzepnięcia krwi, tj. na utrzymaniu w organizmie właściwej zawartości protrombiny. Niedobór prowadzi do wydłużenia czasu krzepnięcia krwi, powodując krwawienia podskórne i śródmięśniowe oraz ogólną niedokrwistość. W praktyce spotyka się dwie formy tej witaminy: K<sub>1</sub>, która występuje w roślinach zielonych i K<sub>3</sub>.

**Witaminy rozpuszczalne w wodzie.** Do tej grupy należą następujące witaminy: B<sub>1</sub> (tiamina), B<sub>2</sub> (ryboflawina), kwas pantotenowy (B<sub>3</sub>), cholina (B<sub>4</sub>), niacyna (PP), B<sub>6</sub> (pirydoksyna), kwas foliowy (B<sub>10</sub>), B<sub>12</sub> (cyjanokobalamina), biotyna (H) i C (kwas askorbinowy). Są one częściami składowymi enzymów, uczestnicząc w reakcjach metabolicznych.

**Witamina B<sub>1</sub> (tiamina)** występuje w paszach roślinnych, drożdżach i produktach mleczarskich, skrajne jej niedobory mogą doprowadzić u ptaków w wieku 2 tygodni do porażenia nóg i szyi. U drobiu żywionego paszą ubogą w tiaminę szybko zanika łaknienie.

**Witamina B<sub>2</sub> (ryboflawina).** Źródłem jej są pasze pochodzenia zwierzęcego, wobec czego wycofanie mączek z mieszanek dla młodego drobiu rzeźnego może spowodować awitaminozę, której objawami jest powolny wzrost, biegunka, zanik mięśni nóg, zwyrodnienie nerwów kulszowych.

**Kwas pantotenowy (wit. B<sub>3</sub>)** występuje powszechnie w paszach, lecz najbogatszym jej źródłem są mączki zwierzęce. Jako składnik koenzymu A reguluje syntezę białek, węglowodanów i tłuszczu. Niedobory przyczyniają się do nieprawidłowego funkcjonowania błon śluzowych, do zmian skórnych, schorzeń nóg.

**Cholina (wit. B<sub>4</sub>)** bierze udział w przemianie tłuszczowej, zapobiegając stłuszczeniu wątroby, stanowi także składnik chrząstki. Jej niedobór u młodych kurcząt i indyków powoduje schorzenie kończyn (perozę). Najbogatszym źródłem tej witaminy są pasze pochodzenia zwierzęcego. Jest słabo przyswajalna ze zbóż.

**Niacyna (wit. PP)** znajduje się w paszach pochodzenia zwierzęcego, głównym jej źródłem są mączki zwierzęce. Niedobory powodują zmiany skórne, zapalenia błon śluzowych, obrzęki stawów, deformację nóg (perozę).

**Witamina B<sub>6</sub> (pirydoksyna).** Jej źródłem są zboża oraz inne pasze roślinne, z których jest tylko częściowo wykorzystana. Pełni rolę w przemianach metabolicznych aminokwasów. Niedobory w paszy dla młodego drobiu prowadzą do zahamowania wzrostu, zaburzeń nerwowych i niedokrwiistości.

**Kwas foliowy (wit. B<sub>10</sub>)** znajduje się w otrębach, drożdżach, suszu z lucerny, mączkach zwierzęcych i mleku w proszku. Bierze udział w przemianach związanych z metabolizmem białek, w tworzeniu ciałek krwi i hemoglobiny. Typowym objawem niedoborów są u kurcząt anemia, odbarwienie piór i kulawizna, u indyków zaburzenia rozwojowe chrząstek i anemia makrocytarna. Przy niedoborze kwasu foliowego i nadmiarze lizyny w mieszanke – pióra młodych indyków stają się szorstkie i łamliwe.

**Witamina B<sub>12</sub> (cyjanokobalamina).** Zawierają ją jedynie surowce pochodzenia zwierzęcego, z których jest dobrze przyswajalna. Jest niezbędna w tworzeniu kości, przemianie kwasów tłuszczowych i nukleotydów. Niedobory powodują anemię młodych ptaków prowadzącą do śmiertelności, braki powodują deformację nóg.

**Biotyna (wit. H)** znajduje się w paszach pochodzenia roślinnego, przy czym najlepiej jest wykorzystywana z kukurydzy i śruty sojowej. Bierze udział w syntezie białek i kwasów tłuszczowych. Niedobory powodują opóźniony wzrost i rozwój, zmiany zapalne skóry (głównie na palcach nóg), słabe opieranie się, stłuszczenie wątroby i nerek.

**Witamina C (kwas askorbinowy).** Bogate są w nią pasze zielone i okopowe. Syntetyzowana jest przez wątrobę i nerki w wyniku utleniania glukozy. Podnosi odporność organizmu, łagodzi niekorzystne procesy wywołane stresem. Jest naturalnym antyutlenia-czem. Bierze udział w przemianach oksydoredukcyjnych w komórkach oraz w tworzeniu tkanek kolagenowych, tj. kości, chrząstek i skóry. Witamina C podana ptakom przed trans-

portem do rzeźni wpływa dodatnio na wydajność rzeźną kurcząt brojlerów i przeciwdziała stratom masy ciała [3, 8, 12].

**Składniki mineralne:** Źródłem makro- i mikroelementów są surowce naturalne oraz premiksy. Regulują przemiany metaboliczne zachodzące w organizmie, są częścią składową plazmy komórek oraz tkanki kostnej, regulują poziom ciśnienia osmotycznego, ułatwiają wchłanianie, wydzielanie i wydalanie, mają wpływ na odczyn krwi i płynów ustrojowych. Jednak nie mogą być stosowane w nadmiarze, gdyż zbyt duża ilość jednego z nich może utrudniać wchłanianie innego. Na przykład nadmiar wapnia pogarsza wykorzystanie fosforu. Niebezpieczne jest przedawkowanie soli, doprowadzające do nadmiernego pobierania wody; kał staje się wodnisty, wtedy drób słabo się opiera, w konsekwencji nadmiar soli powoduje ich śmierć.

**Makroelementy** to przede wszystkim:

**Wapń (Ca)**, którego źródłem są mączki zwierzęce, kreda pastwna i inne preparaty zawierające ten pierwiastek. Jest niezbędny w procesach wzrostu, służy do mineralizacji kości.

**Fosfor (P)** spełnia podobną rolę do wapnia, jest częścią składową enzymów, tkanek i płynów ustrojowych. Dobrze jest wykorzystywany z pasz pochodzenia zwierzęcego i fosforanów paszowych, natomiast z roślin – słabo przyswajalny.

**Magnez (Mg)**. Źródłem tego pierwiastka są mączki pochodzenia zwierzęcego, zielenki i śruta poekstrakcyjna sojowa. Bierze udział w przemianach węglowodanowych oraz jest konieczny do budowy tkanki kostnej.

**Sód (Na) i chlor (Cl)** nie występują w wystarczających ilościach w paszach roślinnych, dostarczane są w postaci soli kuchennej. Utrzymują równowagę płynów ustrojowych.

**Potas (K)**. Pasje roślinne zawierają dostateczną ilość tego pierwiastka i w zasadzie niedobory nie występują. Spełnia podobne funkcje jak sód i chlor, regulując równowagę kwasowo-zasadową i osmotyczną.

**Siarka (S)** jest wykorzystywana przez organizm z aminokwasów siarkowych (cystyny i metioniny). Odpowiada za prawidłowy rozwój piór. Bierze również udział w przemianach białek i tłuszczu.

**Mikroelementy** to przede wszystkim:

**Żelazo (Fe)**, które znajduje się w paszach pochodzenia zwierzęcego oraz w preparatach huminowych. Żelazo jest składnikiem hemoglobiny, bierze udział w procesach oddychania komórkowego, stanowi składnik enzymów.

**Miedź (Cu)**, zawierają ją mączki zwierzęce, śruta arachidowa i sojowa oraz drożdże. Jest składnikiem wielu enzymów, uczestniczy w przemianie żelaza przy tworzeniu się krwinek i hemoglobiny. Wpływa na metabolizm cholesterolu.

**Cynk (Zn)**, którego źródłem są pasze roślinne, jest składnikiem enzymu biorącym udział w metabolizmie węglowodanów i białek, odgrywa też rolę w mineralizacji kości. Objawami niedoboru cynku w paszy są zahamowanie wzrostu, zaburzenia w rozwoju kości, nadmierne zgrubienie skóry nóg i zwyrodnienie brodawek piór.

**Mangan (Mn)** znajduje się w śrutach poekstrakcyjnych i w dodatkach mineralnych. Spełnia ważną rolę w organizmie: aktywizuje enzymy, bierze udział w przemianach węglowodanów, lipidów, białka i cholesterolu, ma wpływ na mineralizację tkanki kostnej, na prawidłowy rozwój i funkcjonowanie gruczołów dokrewnych.



**Selen (Se).** Jego źródłem są selenity lub seleniany, pierwiastek ten znajduje się w zbożach, śrutach sojowych i rzepakowych oraz w drożdżach. Z pasz pochodzenia zwierzęcego jest wykorzystywany w niewielkim stopniu. Uzupełniając karmę dla drobiu tym mikroelementem, nie należy go przedawkować, gdyż nadmiar powoduje zatrucia. Selen zapobiega utlenianiu wielonienasyconych kwasów tłuszczowych znajdujących się w błonach komórkowych, spełnia więc rolę przeciwutleniacza. Niedobory powodują szkodę wysiękową, dystrofię wątroby, rozmiękczenie mózgu i zahamowanie wzrostu.

**Jod (J)** w surowcach paszowych występuje w niewielkich ilościach, bogatym źródłem są mączki z ryb morskich. Jest składnikiem hormonu tarczycy – tyroksyny. Przy niedoborze występują zaburzenia w przemianie materii, zahamowanie wzrostu, wypadanie piór.

**Woda.** Obok w pełni wartościowej paszy drób wymaga stale dostępnej świeżej i czystej wody, zapotrzebowanie na nią zależy od gatunku, wieku, masy ciała, warunków utrzymania i pory roku [20]. Pozbawienie ptaków wody przez jeden dzień powoduje, że w organizmie następuje utrata tłuszczu, połowy białka i obniżenie o 40% masy ciała. Natomiast utrata z organizmu 10–20% wody doprowadza do śmierci [24]. Najwięcej wody potrzebują kaczki i gęsi, u drobiu grzebiącego zapotrzebowanie na nią uzależnione jest także od formy skarmianej mieszanki, zwiększa się wtedy, gdy w żywieniu stosowana jest mieszanka granulowana.

Woda podawana ptakom powinna być tej samej jakości jak woda pitna przeznaczona dla ludzi. Konieczne jest zapewnienie ptakom stałego źródła czystej, chłodnej, wolnej od mikroorganizmów chorobotwórczych i w miarę możliwości „miękkiej” wody. Dokładnego zabezpieczenia i systematycznej dezynfekcji wymaga cały system doprowadzający wodę. W urządzeniach do pojenia mogą znajdować się zanieczyszczenia pochodzenia organicznego, tj. resztki paszy lub nawóz. Większość środków dezynfekujących można stosować wtedy, gdy w budynkach nie ma zwierząt, a skuteczność tych preparatów zależy od właściwego dozowania i stopnia zanieczyszczenia poidel resztkami pochodzenia organicznego. Dłuższe przerwy między cyklami dostawy wody mogą wpływać na to, że pierwsze porcje pobieranej przez kurczęta wody zawierają patogenne mikroorganizmy. Z tego też względu należy zadbać, aby woda na pierwsze dni odchowu ptaków była dobrej jakości.

Woda pochodząca z własnych ujęć, tj. ze studni głębinowych powinna być co roku badana w kierunku określenia jej składu mikrobiologicznego i chemicznego. Zazwyczaj jest ona wolna od patogennych mikroorganizmów, lecz bardzo często zawiera dużo żelaza i innych minerałów, które mogą stanowić pożywkę dla rozwoju bakterii *coli*.

Rozwój flory bakteryjnej zależy również od pH wody. Zazwyczaj woda ma odczyn obojętny (między pH 7.0 a 8.0) i jest doskonałym środowiskiem do rozwoju bakterii. Długa przerwa w pobieraniu przez ptaki wody może powodować intensywny rozwój flory bakteryjnej. Dla przykładu, wieczorem w 1 ml wody znajduje się 100 bakterii typu *coli*, natomiast rano ich ilość wzrasta do 5000 000. Obniżenie pH wody do 4.0 poprzez dodanie kwasów organicznych nie jest wystarczające, bowiem w takich warunkach rozwijają się inne mikroorganizmy, takie jak: drożdże, pleśnie, algi, które namnażają się bardzo szybko, produkują toksyny i zamulają wodociągi.

## 3.2. Surowce paszowe stosowane w żywieniu drobiu

### Pasze węglowodanowe

**Kukurydza** jest powszechnie stosowana w żywieniu kur i indyków; średnia zawartość EM w 1 kg kukurydzy wynosi 14,5 MJ. Stanowi źródło witaminy A i E, zawiera mało włókna. Jednak białko kukurydzy (w ziarnie ok. 10%) jest ubogie w lizynę i tryptofan. Duża zawartość karotenu powoduje odkładanie żółtego barwnika w skórce i tłuszczu oraz w żółtkach jaj.

**Pszenica** – to zboże najchętniej spośród wszystkich innych spożywane przez drób. W 1 kg ziarna pszenicy znajduje się 12,3 MJ EM i średnio 12% białka ogólnego (waha się od 10 do 14%).

**Otręby pszenne** – zawierają dużo włókna (9%), od 14 do 15% białka, wiele składników mineralnych i witamin z grupy B. Mogą być skarmiane w ograniczonych ilościach (do 15%), duży dodatek powoduje biegunki. Najczęściej stanowią składnik paszy dla drobiu dorosłego. Dodatek otrąb przeciwdziała przetłuszczeniu niosek.

**Jęczmień** – ma dużo włókna, wobec czego odznacza się mniejszą niż pszenica i kukurydza wartością energetyczną (11,34 MJ EM). Zawiera od 9 do 14% białka ogólnego w 1 kg. Znajdujące się w nim *beta-glukany* obniżają jego strawność. Duże dawki jęczmienia wpływają wybielająco na barwę skóry, tłuszczu i skoków.

**Pszennyto** – o wartości energetycznej oraz strawności podobne do pszenicy. Zawartość białka jest najbardziej zmienna (9–16%) ze wszystkich zbóż.

**Żyto** – spożywane bardzo niechętnie; charakteryzuje je niska strawność. Zawiera *alkilorezorcyny i pentozany* szkodliwe dla drobiu. Może być podawane w ograniczonych ilościach, bowiem duże dawki upośledzają wzrost ptaków powoduje biegunki. Nie powinno być łączone z pszenżytem i innymi paszami zawierającymi czynniki antyżywniowe.

**Owies** – zawiera dużo włókna (ok. 10%), jest ziarnem o niewielkiej wartości energetycznej. Ma średnio 11% białka. Powszechnie karmi się nim kury typu mięsnego stad reprodukcyjnych. Cenna pasza dla gęsi. Przy podawaniu owsa należy dodać żwir. Związki zawarte w łusce zapobiegają wzajemnemu dziobaniu się kur.

### Źródła białka pochodzenia roślinnego

**Śruta poekstrakcyjna sojowa** – główne źródło białka pochodzenia roślinnego; zawiera od 42 do 48% białka, od 9 do 11 MJ energii i od 3,5 do 7% włókna; bogata w aminokwasy, ale ma nieco mniej metioniny niż śruta rzepakowa.

**Śruta poekstrakcyjna rzepakowa** – źródło wartościowego białka; zawiera go od 35 do 38%. Mączkę charakteryzuje niska zawartość energii (ok. 7,5 MJ), ma mniej lizyny niż śruta sojowa, lecz proporcjonalnie więcej metioniny. Zawiera duże ilości fosfolipidów.

**Śruta z nasion rzepaku** – bardzo cenne źródło energii metabolicznej (18,8 MJ w 1 kg) oraz białka ogólnego (20,6%). Tłuszcz jest doskonałym źródłem kwasu linolenowego.

**Nasiona soi** – są bogate w białko i energię, polienowe kwasy tłuszczowe. Ziarno poddane obróbce termicznej (tostowaniu) zawiera 35% białka ogólnego i 14,5 MJ energii. Powinno być skarmiane po uprzednim ugotowaniu lub wyprażeniu (substancje antyodżywcze).

## Źródła białka pochodzenia zwierzęcego

**Mączki pochodzenia zwierzęcego** – przez wiele lat były źródłem białka pochodzenia zwierzęcego. Jednak w trosce o zdrowie zwierząt, a przede wszystkim o zdrowie konsumentów istnieje od roku 2002 zakaz ich stosowania, dopuszcza się jedynie mączki pochodzenia rybnego. Bezpośrednią przyczyną wycofania mączek pochodzenia zwierzęcego z mieszanek była choroba prionowa BSE, stwierdzona u krów i owiec w roku 1997, która stanowi ogromne zagrożenie dla ludzi. Coraz częściej także zwraca się uwagę na niebezpieczeństwo stosowania mączki rybnej, co do której nie ma pełnej gwarancji, czy jest ona jednorodna, czy może być zmieszana z mączką mięsną lub kostną.

Obecnie według zaleceń UE mączki zwierzęce mogą być produkowane wyłącznie z odpadów poubojowych kategorii 3, tj. pochodzących od zwierząt zdrowych, przeznaczonych na cele spożywcze. Ponadto w procesie ich przetwarzania powinno się zastosować odpowiednie parametry technologiczne: ogrzewane w temp. 133°C przez 20 minut, ciśnienie 3 bary. Obecnie światowa produkcja mączki mięsno-kostnej wynosi 14 mln ton, a mączki rybnej 7 mln ton. Aktualnie rozważa się (z uwagi na walory odżywcze) możliwość powrotu do wykorzystywania mączek pochodzenia zwierzęcego, zwłaszcza mączek drobiowych do skarmiania zwierząt.

**Okopowe.** Żywi się nimi drób utrzymywany w małych stadach, najczęściej w warunkach chowu przydomowego oraz drób wodny, tj. gęsi i kaczki. Do najczęściej stosowanych roślin okopowych należą: **marchew czerwona**, która stanowi bogate źródło witaminy C i karotenu. Jednak nie należy jej skarmiać w okresie późnej wiosny, gdyż im dłużej jest przechowywana, tym więcej traci wartości odżywczej. W żywieniu młodego drobiu stosuje się marchew tartą, a w żywieniu drobiu dorosłego – siekaną. **Ziemiaki** podaje się w postaci parowanej. Nie powinny być stosowane w żywieniu drobiu młodego ze względu na to, że są karmą jednostronną o małych wartościach odżywczych. Są jednak bardzo chętnie zjadane.

**Zielonki** stanowią głównie karmę dla gęsi i kaczek; w żywieniu drobiu grzebiącego stosuje się je w niewielkich ilościach. Najbardziej wartościowymi zielonkami w tuczu gęsi są lucerna, koniczyna, pokrzywa. Drób korzystający z zielonych wybiegów żywi się roślinami zawierającymi oprócz chlorofilu żółte i brunatne barwniki, które określa się nazwą ksantofili. Te barwniki odkładają się w tłuszczu oraz skórze ptaków. W warunkach intensywnego chowu, tj. wtedy gdy ptaki nie korzystają z wybiegów, w celu uzyskania żółtego zabarwienia tuszki, stosuje się najczęściej żółtą kukurydzę lub preparaty syntetyczne, których niewielki dodatek do mieszanki przyczynia się do intensywnego zabarwienia tuszek. Doskonałym produktem stosowanym z powodzeniem w żywieniu drobiu rzeźnego jest także susz z młodej lucerny, zioła lub inne niekonwencjonalne dodatki, do których można zaliczyć np. mączki z glonów. Wielu konsumentów preferuje tuszki o żółtym zabarwieniu, łącząc to z dobrym zdrowiem tych ptaków oraz z tym, że ich mięso po obróbce kulinarnej jest smaczniejsze.

**Zioła.** Do najwartościowszych, chętnie zjadanych przez drób ziół należą: pokrzywa, krwawnik pospolity, mniszek lekarski, rdest ptasi, mięta pieprzowa, rumianek i czosnek. Drób chowany systemem bezwybiegowym nie ma możliwości pozyskiwania roślin zielonych, dlatego dodatek ziół pod różną postacią, np. suszu lub preparatów, prowadzi do

poprawy stanu zdrowia ptaków. Dodatek ziół do mieszanek paszowych przyczynia się do niższego otluszczenia tuszek, a mięso może mieć atrakcyjny dla konsumentów profil smakowo-zapachowy. Jakość mięsa poprawiają także inne zioła, np. dodatek wiesiołka do paszy dla młodego drobiu rzeźnego wzbogaca mięso w polienowe kwasy tłuszczowe. Wykazano, że mieszanki ziołowe, szczególnie stosowane w żywieniu indyków, zmniejszają zużycie karmy [7, 9, 13, 17, 28]. Korzystny wpływ preparatów ziołowych na wyniki produkcji i cechy sensoryczne mięsa zależy jednak od składu zastosowanych mieszanek ziołowych [32, 33]. Zainteresowanie ziołami ze względu na ich korzystny wpływ na zdrowie drobiu i jakość mięsa zwiększyło się jednocześnie z koniecznością wycofania z pasz antybiotykowych stymulatorów wzrostu; sądzi się, iż w pewnym stopniu mogą je zastępować. Niektóre fruktooligosacharydy znajdujące się w ziołach działają stymulująco na rozwój korzystnej flory bakteryjnej, powodując obniżenie pH w jelitach i zmniejszenie zakażenia pałeczkami *Salmonelli*. Wykazano także, że zioła przyczyniają się do redukcji biegunek, zmniejszenia koncentracji gnilnych substancji w treści pokarmowej i w kale, obniżenia poziomu cholesterolu we krwi.

Dobór odpowiednich ziół w mieszankach paszowych zależy od gatunku i stadium wegetacji. Uważa się, że ilość surowych ziół, jakie można dodawać do paszy, wynosi od 0,5 do 5%.

**Antybiotykowe stymulatory wzrostu.** Do roku 2005 dozwolone było stosowanie tylko dwóch antybiotyków: awilomycyny i flawomycyny. W styczniu 2006 r. zostały one wyeliminowane z listy preparatów bezpiecznych, uważa się, że są szkodliwe dla konsumentów. Wydalane z organizmu zwierząt przyczyniają się do degradacji środowiska, powodują oporność patogenów na działanie antybiotyków stosowanych w leczeniu ludzi i zwierząt. Wycofanie z paszy dla drobiu preparatów może jednak mieć swoje konsekwencje wynikające z utrudnienia zwalczania patogenów przez drób, zmniejszenia wchłaniania składników pokarmowych z powodu braku zabezpieczeń w skutecznym przeciwdziałaniu występowania stanów zapalnych jelit, pogorszenia warunków higienicznych w pomieszczeniach dla drobiu ze względu na produkcję większej ilości pomiotu oraz na wzrost spożycia paszy i zwiększenie śmiertelności.

**Probiotyki** stanowią „naturalne” antybiotyki, przyczyniają się do poprawy zdrowia drobiu i lepszego wykorzystania paszy. W skład probiotyków wchodzi m.in.: *Lactobacillus bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. paracasei*, *Streptococcus thermophilus*, *Bacillus cereus*, *B. coagulans*, *B. toyoi*, *Enterococcus faecalis*, drożdże *Sacharomyces cerevisiae*, *S. boulardi*. Ich działanie polega na hamowaniu wzrostu szkodliwych bakterii Gram-ujemnych i obniżaniu pH w jelitach dzięki produkcji kwasów organicznych, takich jak: mlekowy, octowy czy propionowy [5, 6, 16, 17, 26, 27]. Dodatek probiotyków wpływa na:

- zwiększenie produkcji enzymów jelitowych,
- stymulowanie odporności ogólnej,
- obniżenie poziomu cholesterolu we krwi,
- zakwaszenie treści jelitowej,
- produkcję substancji antibakteryjnych (bakteriocyny, np. kolicyny) i antywirusowych.

Dodatek probiotyków wpływa również korzystnie na strawność pasz, powodując zwiększoną produkcję enzymów bakteryjnych, głównie laktazy, syntezę witamin z grupy B

oraz wzrost aktywności enzymów jelitowych. Probiotyki mogą być podawane zwierzętom w postaci kapsułek, past, proszków, granulatów podawanych bezpośrednio z karmą lub wodą.

**Prebiotyki** są to krótkołańcuchowe węglowodany, nieulegające hydrolizie pod wpływem endogennych enzymów, w organizmie stymulują wzrost i aktywność pożytecznych bakterii w przewodzie pokarmowym (tj. w żołądku, jelicie cienkim, ślepy i grubym). Występują w zbożach, roślinach strączkowych, drożdżach. Najczęściej stosowane prebiotyki zawierają manno-, frukto- i glukooligosacharydy. Działanie ich polega na aglutynacji szkodliwych bakterii Gram-ujemnych. U drobiu wykazują najskuteczniejsze działanie wtedy, gdy wnikną do jelita ślepego.

**Synbiotyki** stanowią mieszaninę probiotyków i prebiotyków, stymulują także wzrost pożytecznych drobnoustrojów w organizmie, przy czym ich aktywność zależy od doboru określonego składnika w preparacie.

**Kwasy organiczne** są skutecznymi środkami przeciwbakteryjnymi. Istotne znaczenie w żywieniu drobiu ma utrzymanie pH treści jelit na poziomie 5,0–6,8, gdyż gwarantuje to rozwój pożądaną mikroflory jelitowej, jednocześnie nie dopuszczając do rozwoju mikroorganizmów chorobotwórczych. Odpowiedni odczyn (kwasowość) treści jelit można uzyskać w wyniku obniżenia pH mieszanek paszowych, stosując tzw. zakwaszacze. Mogą to być: kwas mlekowy, cytrynowy, propionowy, octowy itp. lub ich mieszaniny. Kwasy organiczne można dodawać do wody lub paszy. Jednak najskuteczniej działają wtedy, gdy są dodawane do paszy w postaci powlekaną ochronną powłoką. Docierają w tej formie do wola (niszcząc jego mikroflorę) i następnie do jelit, gdzie znajduje się najwięcej bakterii chorobotwórczych. Przyczyniają się także do polepszenia wykorzystania paszy. Mięso drobiu, które otrzymywało te dodatki, jest w mniejszym stopniu narażone na zakażenie bakteriami chorobotwórczymi [10].

**Enzymy** przyczyniają się do całkowitego strawienia paszy. Organizm wytwarza je w niewielkich ilościach, niepozwalających na rozkład substancji antyżywniowych znajdujących się w zbożach (polisacharydy nieskrobiowe, tj. arabinoksylanty,  $\beta$ -glukany i celuloza) oraz w nasionach strączkowych (pektyny,  $\alpha$ -galaktozydy i celuloza). W celu poprawienia strawności składników pokarmowych, likwidacji niekorzystnego działania substancji antyżywniowych i zwiększenia poziomu energii metabolicznej dodaje się je do mieszanek dla drobiu [1, 2, 4, 25]. Najczęściej dodawane są takie enzymy, jak: ksylanazy,  $\beta$ -glukanazy i galaktazy. Innym enzymem rozkładającym fityniany jest fitaza, która pozwala na uwolnienie fosforu organicznego z paszy i w konsekwencji na zwiększenie strawności tego składnika prawie o 60%. W zależności od składu mieszanek paszowych dodawane są do nich różnego typu enzymy, np. ksylanazy wtedy, gdy zamierza się poprawić strawność śruty pszennej,  $\beta$ -glukanazy poprawiają wykorzystanie jęczmienia, galaktazy poprawiają strawność pasz białkowych, takich jak śruta sojowa lub rzepakowa. Firmy paszowe dodają powszechnie do produkowanych mieszanek preparaty enzymatyczne, będące najczęściej mieszaniną kilku enzymów.

**Środki kokcydiostatyczne** dodawane są do mieszanek w celu zapobiegania kokcydiozie, chorobie wywołanej przez pierwotniaki, szczególnie niebezpiecznej u kur i indyków. Przy ich stosowaniu należy zachować okres karencji, po to aby ich pozostałości nie znajdowały się w mięsie, gdyż jest to szkodliwe dla konsumentów.

**Przeciwutleniacze** powodują ochronę tłuszczu, witamin (A i D) i karotenoidów przed ich utlenianiem. Naturalnym przeciwutleniaczem jest witamina C, witamina E i selen, oprócz tego produkowane są specjalne preparaty, takie jak np. BHA (butylohydroksyanizol) lub EQ (etoksyqinn). Witamina E wpływa korzystnie na soczystość i kruchość mięsa. Do naturalnych antyoksydantów można zaliczyć również niektóre zioła, które wpływają korzystnie na smak mięsa. Najczęściej wykorzystywanymi w żywieniu drobiu ziołami są: pokrzywa, rdest, mięta, rumianek, kozieradka, czosnek. Z nich są produkowane dostępne w sprzedaży preparaty, które obniżają także zawartość cholesterolu w mięsie.

### 3.3. Żywienie drobiu

**Kurczęta – brojlery** żywione są trzema mieszankami o zróżnicowanej wartości odżywczej. Firmy dostarczające materiał do produkcji mieszanek w instrukcji dotyczącej warunków chowu kurcząt ściśle określają zasady żywienia oraz wymagania pokarmowe brojlerów. Ogólnie przyjmuje się, że w **pierwszym okresie, tj. w wieku od 1. do 21. dnia** pasza powinna zawierać 22–24% białka ogólnego oraz od 12,8 do 12,2 MJ energii metabolicznej w 1 kg. **Drugi okres to wiek brojlerów od 22. do 36. dnia**, w tym czasie żywi się ptaki mieszanką o nieco zmniejszonej w stosunku do okresu pierwszego zawartości białka (20% i 13,2 MJ energii). **Trzeci okres – ostatni tydzień** żywienia charakteryzuje to, iż pod względem zawartości białka i energii skarmiana pasza jest zbliżona do karmy stosowanej w drugim okresie, ale bezwzględnie nie może zawierać żadnych kokcydiostatyków i dodatków przyspieszających wzrost, które kumulują się w tkankach ptaków i mogą być szkodliwe dla konsumentów. Podstawowe mieszanki stosowane w żywieniu kurcząt i indyków to: starter, grower, finisz. Każda z nich ma określoną zawartość białka ogólnego, energii metabolicznej i nie mniej niż 10% tłuszczu.

**Żywienie indyków rzeźnych.** Indyki należą do ptaków szczególnie wrażliwych na niedobory składników odżywczych w paszy. Mają szczególnie wysokie zapotrzebowanie na białko, witaminy i składniki mineralne, przede wszystkim w pierwszych tygodniach życia, do tzw. wykoralenia, tj. do wieku 6 tygodni. Stosuje się żywienie pięcio- lub sześciofazowe, dostosowane do wieku indyczek i indyków, uwzględniające okresy rozwoju i wzrostu (podane w tab. 3.4).

W różnych okresach chowu zmienia się zawartość białka, energii, aminokwasów oraz składników mineralnych i witamin w mieszankach. Zamiany mieszanek nie można przeprowadzać nagle, gdyż takie postępowanie naraziłoby ptaki na zbyt duży stres, robi się to stopniowo, przez kilka dni skarmiając mieszankę „starą z „nową”.

Tabela 3.4

## Program żywienia młodych indyków rzeźnych

Składniki	Wiek (tygodnie)				
	0-3	4-6	7-10	11-14	15-24
energia metaboliczna (MJ/kg)	11,5	12	12,6	13,4	13,5
białko ogólne (%)	28	25	22	18	16
włókno surowe (%)	do 4	do 4	do 4	do 4	do 4
aminokwasy (%)					
lizyna	1,78	1,5	1,33	1	0,83
metionina	0,65	0,55	0,48	0,4	0,37
metionina + cystyna	1,07	0,95	0,82	0,68	0,62
treonina	1,05	0,9	0,83	0,65	0,59
tryptofan	0,3	0,25	0,22	0,16	0,14
arginina	1,8	1,55	1,45	1,05	0,95
składniki mineralne (%)					
wapń	1,35	1,2	1,05	0,9	0,85
fosfor ogólny	1,05	1	0,85	0,75	0,65
fosfor przysw.	0,7	0,62	0,55	0,45	0,4
sód	0,15	0,15	0,17	0,19	0,2
cholina (g)	1,9	1,75	1,45	1,25	1,15

W celu poprawy trawienia młode indyki powinny otrzymywać niewielki dodatek żwiru, raz w tygodniu, przy czym żwir należy wyeliminować na trzy tygodnie przed odstawą ptaków do ubojni. Pasza dla indyków musi być bardzo dobrej jakości, nie może w niej być żadnych zanieczyszczeń mikrobiologicznych i fizycznych. Konieczne jest także jej dokładne zgranulowanie po to, aby zbyt duże i za ostre cząstki nie uszkadzały przewodu pokarmowego. Od 4 tygodnia można żywić indyki ziarnem kukurydzy lub pszenicy, stanowiącym dodatek do specjalnie przeznaczonych do tego typu żywienia koncentratów. Ziarno zapobiega atrofii żołądka mięśniowego, umożliwia ptakom dokonanie wyboru karmy w zależności od własnych potrzeb oraz wpływa na zmniejszenie kosztu żywienia. Przy tym systemie żywienia muszą być jednak zastosowane specjalne urządzenia mieszające koncentrat z ziarnem.

**Żywienie brojlerów kaczyc** ma się przyczyniać do uzyskania dużych przyrostów i stosunkowo niewielkiego otluszczenia tuszki. Karma dla kacząt powinna zawierać w pierwszych czterech tygodniach od 18 do 20%, a w późniejszym okresie 16% białka ogólnego oraz od 10,9 do 11,7 MJ energii metabolicznej w 1 kg. Zwiększenie poziomu energii doprowadza do nadmiernego odkładania tłuszczu. Kaczęta są szczególnie wrażliwe na niedobory manganu, czego objawem jest zahamowanie wzrostu i rozwoju piór. Poza tym, należy im zapewnić pełny zestaw witamin, mają szczególnie duże zapotrzebowanie na kwas nikotynowy i kwas foliowy. W żywieniu brojlerów stosuje się mieszanki przemysłowe lub pasze gospodarskie zapewniające wszystkie składniki pokarmowe. Karma powinna być urozmaicona pod względem składu surowcowego, po to aby mięso charakteryzował dobry

smak i zapach. Kaczęta wymagają dużych ilości wody z tego względu, że każdy kęs paszy natychmiast popijają wodą. W żywieniu brojlerów stosuje się paszę mialką lub granulowaną, która jest szczególnie zalecana dla mieszańców po kaczorze pizmowym i kaczce Pekin.

**Żywienie gęsi owsianych.** W okresie produkcji trwającej najczęściej 17 tygodni, nierzadko 24 tygodnie, stosuje się urozmaicone żywienie, dzięki któremu gęsi uzyskują dobre umięśnienie i doskonałą jakość mięsa. Specyfika żywienia polega na stosowaniu pasz treściwych, tj. mieszanek pełnoporcjowych, zielonek oraz owsa. Mieszanki treściwe podaje się do 4 tygodnia życia jako wyłączną paszę, zawierającą 22% białka ogólnego i 10,5 MJ energii metabolicznej w 1 kg, starsze gęsięta poza mieszanką (17% białka oraz 10,9 MJ energii), stosowaną do wieku 15 tygodni, otrzymują także do woli zielonki. Następnie żywi się gęsi wyłącznie ziarnem owsa (500–600 g/gęś dziennie) [22].

### 3.4. Czynniki przyżyciowe (zooteczniczne) kształtujące jakość mięsa

W ostatnich kilkudziesięciu latach hodowcy drobiu mięsnego koncentrowali się na prowadzeniu selekcji w kierunku przyspieszenia tempa wzrostu ptaków i poprawy umięśnienia tuszki. W wyniku takiego postępowania zachodzi zwykle wiele niekorzystnych zjawisk, takich jak: otłuszczenie, syndrom nagłej śmierci, wodobrzusze, schorzenia i złamania kończyn.

Otłuszczenie stanowi jedną z niekorzystnych wad pochodzenia zootecznicznego, aktualnie istotną z uwagi na sprzedaż tuszek dzielonych. Tendencja do zmniejszania otłuszczenia tuszek brojlerów kurzych wynika przede wszystkim z nastawienia konsumentów do spożywania mięsa chudego – dietetycznego. Wysoka zawartość tłuszczu powoduje obniżenie jakości mięsa, zmniejsza jego wartość odżywczą, pogarsza także przydatność technologiczną mięsa, ponieważ nadmiar tłuszczu prowadzi do obniżenia właściwości funkcjonalnych mięsa. Im większa potencjalnie zawartość tłuszczu w mięsie, tym wyższy jest także poziom cholesterolu. Odkładanie tłuszczu jest także niekorzystne z punktu widzenia interesów producentów, bowiem wskazuje na złe wykorzystanie składników pokarmowych paszy, gdyż na odłożenie 1 g tkanki tłuszczowej organizm wydatkuje czterokrotnie więcej energii niż na wytworzenie 1 g tkanki mięśniowej. Ptaki odkładają tłuszcz głównie w jamie brzusznej, tj. wokół jelit, żołądka pod skórą i w okolicach steku (tzw. tłuszcz sadełkowy). Na przykład u kurcząt brojlerów o średniej masie ciała wynoszącej 3 kg ilość tłuszczu odkładanego w organizmie wynosi 200 gramów.

**Na stopień otłuszczania ma wpływ wiele czynników, należą do nich: genotyp, wiek, płeć ptaków, żywienie, warunki chowu [11].**

Magazynowanie tłuszczu w organizmie zależy od **pochodzenia ptaków**, współczynnik dziedziczalności omawianej cechy jest dość wysoki (wynosi od 0,3 do 0,7), prowadząc więc selekcję w kierunku wyhodowania ptaków odkładających mniej tłuszczu – po kilku latach, w następnych pokoleniach, można osiągnąć zamierzony cel [34, 36]. Jednak nie jest to łatwe, bowiem u żywych ptaków nie udaje się zastosowanie prostych metod do dokładnego określenia stopnia otłuszczenia, najczęściej mierzy się grubość skóry wraz ze złogami tłuszczu w okolicach steku, jest to w zasadzie najprostsza, lecz mało dokładna



metoda. Do precyzyjniejszych, ale wymagających dość skomplikowanych badań laboratoryjnych należy oznaczenie zawartości trójglicerydów i całkowitych lipidów we krwi. Można także przez przeprowadzenie analizy rzeźnej rodzeństwa pozostawionych do hodowli ptaków ocenić stopień ich otluszczenia i następnie wyeliminować ze stada selekcyjnego osobniki o tym samym pochodzeniu, charakteryzujące się większą od innych zawartością tłuszczu. W nowoczesnych programach selekcyjnych, mających na celu wyhodowanie nowego typu ptaków o mniejszych skłonnościach do otluszczenia, zostaną uwzględnione metody wkraczające w dziedzinę badań kodu genetycznego.

**Wiek** ptaków ma duży wpływ na odkładanie tłuszczu w organizmie. U kurcząt brojlerów następuje najintensywniejszy rozwój tkanki tłuszczowej między 4. a 8. tygodniem życia.

**Płeć** ptaków odgrywa dużą rolę w procesie rozwoju tkanki tłuszczowej. Z reguły w większym stopniu otluszcza się samice niż samce, gdyż wcześniej następuje u nich zakończenie procesów wzrostu, co wiąże się ze zbliżającą się dojrzałością płciową.

**Żywnienie** ma decydującą rolę w rozwoju tkanki tłuszczowej u drobiu rzeźnego. W celu uzyskania maksymalnej masy ciała w stosunkowo krótkim czasie mieszanki mają wysoki poziom energii metabolicznej, który uzyskuje się poprzez dodatek surowców o dużej zawartości energii, np. tłuszczu zwierzęcego lub roślinnego, bądź też nasion roślin oleistych, np. rzepaku czy też znacznej ilości kukurydzy. Wysoki poziom energii metabolicznej w karmie prowadzi do zwiększenia ilości tłuszczu w organizmie. Inną przyczyną jest stosowanie paszy o obniżonej zawartości białka, zawierającej białko niepełnowartościowe pod względem składu aminokwasowego oraz skarmianie paszy o szerokim stosunku energetyczno-białkowym [14], tj. o mniejszej niż przewidują normy ilości białka i wysokim poziomie energii metabolicznej (tab. 3.5 i 3.6).

Tabela 3.5  
Zawartość tłuszczu, białka i wody w tuszce 7-tygodniowych brojlerów żywionych paszą różniącą się ilością białka [14]

Procent białka w mieszance	Skład tuszki (%)		
	Tłuszcz	Białko	Woda
16	18,8	15,3	62,5
20	16,4	16,0	64,4
24	14,6	16,5	65,5
28	12,9	16,1	67,2
32	12,8	16,4	67,4
36	12,4	16,4	67,6

Tabela 3.6  
Ilość tłuszczu (g) w zależności od zawartości białka i energii w mieszance [14]

Ilość białka (%)	Ilość energii (MJ/kg)	Stosunek energetyczno-białkowy	Ilość tłuszczu sadełk. (g)
17,0	stała na poziomie	0,78	66,4
20,0	13,37	0,67	54,5
23,0		0,58	46,9

Forma skarmianej mieszanki ma także wpływ na odkładanie tłuszczu, żywienie mieszką granulowaną przyczynia się w większym stopniu do wzrostu zawartości tłuszczu w porównaniu z mieszką miałką.

Żywienie kształtuje nie tylko podstawowe wskaźniki wartości odżywczej, ale też w znacznym stopniu nadaje profil smakowo-zapachowy mięsa. Nieodpowiedni dobór składników paszowych może wpłynąć na pogorszenie zarówno smaku, jak i zapachu mięsa. Dodatek np. niektórych olejów roślinnych powoduje pojawienie się posmaku rybiego. Znaczna zawartość kwasów polienowych w paszy przyczynia się także do uzyskiwania mięsa o niekorzystnej olejowej konsystencji [15, 19, 31].

Od żywienia w dużym stopniu zależy również barwa mięsa drobiu, która jest istotnym kryterium handlowym mięsa. Skład mieszanek paszowych może wpływać na rozjaśnienie lub pociemnienie mięsa, co wiąże się z koncentracją barwników hemowych. Zawartość tych ostatnich z kolei zależy także od gatunku drobiu i rodzaju mięśni.

**Warunki chowu** również oddziałują na omawianą cechę. Chów klatkowy, w którym ptaki mają mało ruchu, determinuje wzrost zawartości tłuszczu w porównaniu z chowem na ściółce. Stwierdzono także, że ograniczenie ilości światła w czasie chowu może zmniejszyć w pewnym stopniu magazynowanie tłuszczu, co można osiągnąć, stosując przerywane oświetlenie, tj. następujące po sobie okresy ciemności i światła.

Coraz częściej występującym w stadach brojlerów schorzeniem jest **syndrom nagłej śmierci (SDS)**, który nasila się w stadach ciężkich brojlerów kurzych i indyjskich, o bardzo dobrze wykształconych mięśniach. Ptaki na pozór zdrowe, bez widocznych objawów chorobowych, przewracają się i zdychają. W czasie sekcji nie ma widocznych zmian anatomopatologicznych. Przyczyną tych upadków jest niezbilansowanie elektrolitów w paszy, powodujące upośledzenie lewej komory serca. Poza tym u ciężkich ptaków, pochodzących ze stad selekcyonowanych na intensywne tempo początkowego wzrostu, układ krwionośny nie funkcjonuje prawidłowo.

**Wodobrzusze (ascites)**, inaczej zwane chorobą obrzękową, spowodowane jest obniżoną prężnością tlenu we krwi, występującą także u ptaków ciężkich, które mają zwiększone zapotrzebowanie na tlen. Głównie chorują na nią kurczęta brojlery i kaczki. Czynnikiem usposabiającym jest żywienie mieszankami o wysokiej zawartości energii, deficytowymi pod względem selenu i witaminy E, podwyższonym poziomie sodu oraz znajdującymi się w karmie mikotoksynami. Najczęściej pojawia się u młodych ptaków, w wieku 2–3 tygodni. Chore zwierzęta nie mają apetytu, charakteryzuje je nastroszenie piór, trudności w poruszaniu się i oddychaniu.

**Schorzenia nóg.** Najczęściej występującym schorzeniem jest peroza, choroba atakująca kurczęta i młode indyki. Powodują ją niedobory w paszy cynku, kwasu foliowego, choliny, biotyny, niacyny i argininy przy jednoczesnym nadmiarze wapnia i fosforu. Następuje ześlizgnięcie się ścięgna Achillesa z kłykcia kości piszczelowej w jednej lub obydwu kończynach, wobec tego ptaki nie mogą się poruszać, cały czas siedzą, opierając się mostkiem o ściółkę i doprowadza to do odleżyn.

Innym schorzeniem na tle żywieniowym jest **krzywica**, spowodowana zaburzeniami w gospodarce fosforowo-wapniowej. Charakterystycznymi objawami są miękkie kości, powiększone i nieregularne płytki wzrostu u nasady kości. Kurczęta zapadają na krzywicę w wieku 3 tygodni, a indyki – 2 tygodni.

Jakość mięsa zależy nie tylko od czynników żywieniowych i genetycznych, ale także od warunków środowiskowych, do których zalicza się warunki klimatyczne w wychowalni,

jakość ściółki czy warunki transportu ptaków (patrz rozdz. 9). Straty ekonomiczne można ograniczyć przez ścisłe przestrzeganie zaleceń dotyczących chowu i żywienia oraz zapewnienie odpowiednio dobrego materiału hodowlanego.

### 3.6. Streszczenie

Masa ciała drobiu rzeźnego, skład tkankowy tuszek, jakość mięsa oraz wyniki decydujące o opłacalności produkcji zależą od żywienia drobiu, które musi uwzględniać wymagania określonego gatunku ptaków, a w ramach danego gatunku genotyp, wiek i warunki chowu. Pasze stosowane w żywieniu drobiu nie mogą stanowić zagrożenia dla konsumentów mięsa.

W żywieniu młodego drobiu rzeźnego muszą być idealnie zbilansowane wszystkie składniki odżywcze, tj. należy zapewnić ptakom pełnowartościowe we wszystkie niezbędne aminokwasy białko, witaminy, makro- i mikroelementy. Konieczne jest także ścisłe określenie poziomu energii w mieszankach. Surowce służące do produkcji mieszanek dla drobiu powinna charakteryzować doskonała jakość. Poprzez modyfikację żywienia można poprawiać jakość mięsa, czego przykładem jest stosowanie surowców zawierających wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3, po to aby wzbogacić mięso w te składniki lub dodawanie do mieszanek ziół aromatycznych w celu uatrakcyjnienia mięsa pod względem walorów smakowych. W stadach towarowych kurcząt brojlerów i indyków występuje wiele niekorzystnych cech związanych z żywieniem. Do jednej z nich należy nadmierne otluszczenie się, obniżające walory dietetyczne mięsa, stanowi to czynnik niepożądany przez konsumentów oraz przez zakład przetwórczy, gdyż nie pozwala na produkcję wysokogatunkowych wędlin.

### Piśmiennictwo

- [1] Anison G., Choct M.: 1991. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Sci. J.*, 47, 3, 232–242.
- [2] Antoniou T., Marquardt R.R.: 1981. Influence of rye pentosans on the growth of chicks. *Poultry Sci.*, 60, 1898–1904.
- [3] Bains S., Balkar G.: 1998. Rola witamin w zwalczaniu stresu. *Drobiaństwo* 3, 18, 6–9.
- [4] Campbell G.L., Sosulski F.W., Classen H.L., Ballance G.M.: 1986. The nutritive value of irradiated and  $\beta$ -glucanase-treated wild oat groats (*Avena fatera* L.) for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 16, 243–252.
- [5] Cavazzoni V., Adami A., Castrovilli C.: 1998. Performance of broiler chickens supplemented with *Bacillus coagulans* as probiotic. *Brit. Poultry Sci.* 77, 526–529.
- [6] Dobrzański Z., Opałiński S.: 2002. Drożdże i produkty drożdżopodobne w żywieniu zwierząt. *Polskie Drobiaństwo*, 3, 10–12.
- [7] Faruga A., Pudyszak K.: 1997. The effect of adding herb mixture to turkey feeds on meat quality. *Proceed. XIII Europ. Symp. Quality of Poultry Meat*, Poznań, 144–149.
- [8] Fletcher D.L., Cason J.A.: 1991. Influence of ascorbic acid on broiler shrink and processing yields. *Poultry Sci.* 70, 2191–2196.
- [9] Fritz Z., Majdański F., Kinal S., Schleicher A.: 1990. Zioła jako komponent mieszanek paszowych. *Zesz. Nauk. Drob.* 7, 31–40.

- [10] Gornowicz E., 2004. Dodatek kwasów organicznych do pasz a środowisko w brojlerni. *Hodowca Drobiu* 10/04, 16–22.
- [11] Grabowski T.: 1993. *Technologia mięsa drobiowego*. WNT, Warszawa.
- [12] Grashorn M.A., Völker L.: 1993. Effects of an application of vitamin C before transportation on carcass yield of broiler chickens. *Proceed. 11<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality of Poultry Meat*, Tours, France, 191–195.
- [13] Grela E.R., Sembratowicz I., Czech A.: 1998. Immunostymulujące działanie ziół. *Med. Wet.* 54 (3), 152–158.
- [14] Griminger P.: 1986. *Lipid Metabolism*, [in:] *Avian Physiology* Ed. P.D. Sturkie. Fourth Edition. Springer-Verlag, New York, Berlin Heidelberg, Tokyo.
- [15] Hargis P.S., Van Elswyk M.E.: 1993. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's Poultry Sci. J.* 49, 251–264.
- [16] Kijowski J.: 1999. Znaczenie i wykorzystanie kwasu mlekowego oraz jego soli w produkcji i przetwórstwie mięsa drobiowego. *Polskie Drobiarstwo* 4, 13–16.
- [17] Koreleski J., Kubicz M., Kuchta M.: 1996. Skuteczność probiotyku i preparatu ziołowego w mieszance paszowej dla brojlerów. *Dodatki paszowe w żywieniu zwierząt. XXVI Sesja Naukowa Komisji Żywienia Zwierząt, Olsztyn*, 120–122.
- [18] Kulasek G., Krasicka B., Świerczewska E.: 1996. Jaja i tuszki drobiowe wzbogacone w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe – nowe kierunki produkcji drobiarskiej. *Mag. Drobiarstwo*, 1, 5, 5–9.
- [19] Larbier M., Leclercq B.: 1995. *Żywienie drobiu*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- [20] Lesson S., Summers J. D.: 2001. *Nutrition of the chicken*. Univ. Books P.O. Box 1326, Guelph, Ontario, Kanada.
- [21] Marion J.E., Woodroof J.G.: 1963. The fatty acid composition of breast, thigh, and skin tissues of chicken broilers as influenced by dietary fats. *Poultry Sci.*, 48, 1202–1207.
- [22] Mazanowski A.: 1980. *Gęsi*. PWRiL, Warszawa.
- [23] Miller D., Robisch P.: 1969. Comparative effect of herring, menhaden and safflower oils on broiler tissue's fatty acid composition and flavor. *Poultry Sci.*, 48, 2146–2157.
- [24] Nilipour A.H.: 1998. Water: the cheap, plentiful and taken for granted nutrient. *World Poultry Sci.*, 5, 14, 26–27.
- [25] Pettersson D., Aman P.: 1989. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *Brit. J. Nutr.*, 62 139–149.
- [26] Pietras M., Skrabka B.: 2000. Wpływ preparatu probiotycznego na wskaźniki odporności i wyniki odchowu kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 6, 357–361.
- [27] Rada V., Marounek M., Rychly I., Santruckova D., Vorisek K.: 1995. Effect of *Lactobacillus salivarius* administration on microflora in the crop and caeca of broiler chickens. *J. Anim. Feed Sci.* 4, 161–170.
- [28] Rosiński A., Wężyk S., Bielińska H., Eliminowska-Wenda G.: 2000. Wpływ dodatku mieszanki ziołowej do paszy dla gęsi na przyrosty masy ciała oraz jakość tuszki i mięśni piersiowych. *Rocz. Nauk. Zoot. Supl.*, z. 8, 176–181.
- [29] Scaife J.R., Moyo J., Galbraith H., Michie W.: 1990. Effect of different dietary supplemental fats and oils on growth performance and fatty acid composition of tissues in female broilers. *Proceed. Nutr. Society* 49, 130A.
- [30] Scott M.L., Nesheim M.C., Young R.J.: 1978. *Żywienie kur*. PWRiL, Warszawa.
- [31] Skrabka-Błotnicka T.: 1996. Czynniki przedubojowe wpływające na jakość cech technologicznych mięsa i przetworów drobiowych. *Mag. Drobiarstwo*, 1, 5, 43–45.
- [32] Skrabka-Błotnicka T., Rosiński A., Przysiężna E., Wołoszyn J., Eliminowska-Wenda G.: 1997a. The effect of dietary formulation supplemented with herbal mixture on goose breast muscle quality. Report 1: The effect on the chemical composition. *Archiv. Geflügelk.*, 61, 3, 135–138.

- 
- [33] Skrabka-Błotnicka T., Rosiński A., Przysiężna E., Wołoszyn J., Eliminowska-Wenda G.: 1997b. The effect of dietary formulation supplemented with herbal mixture on goose breast muscle quality. *Archiv. Geflügelk.*, 63, 3, 122–128.
- [34] Świerczewska E., Krasicka B., Siennicka A.: 1993. Effect of selection for high and low blood plasma triglyceride level in meat type chickens. *Anim. Sci. Papers and Reports* 11, 279–285.
- [35] Świerczewska E., Mroczek J., Niemiec J., Słowiński M., Jurczak M., Siennicka A., Kawka P.: 1997. Broiler chick performance and meat quality depending on the type of fat in feed mixtures. *J. Anim. Feed Sci.* 6, 379–389.
- [36] Whitehead C.C.: 1990. Divergent selection of lean and fat lines of broilers over eight generations using plasma very low density lipoprotein as selection criterion. *Brit. Poultry Sci.*, 32, 293–305.
- [37] Yau J.C., Denton J.H., Bailey C.A, Sams A.R.: 1991. Customizing the fatty acid content of broiler tissues. *Poultry Sci.*, 70, 167–172.



# 4.

## PODSTAWY BUDOWY ANATOMICZNEJ CIAŁA ORAZ CHARAKTERYSTYKA MORFOLOGICZNA MIĘŚNI PTAKÓW

*Teresa Smolińska, Małgorzata Korzeniowska*

Drób należy do najstarszych zwierząt domowych, którego mięso już od dawna było spożywane przez człowieka. Współczesny konsument docenia przede wszystkim walory sensoryczne i odżywcze mięsa drobiu oraz jego niską wartość kaloryczną. Zwiększenie zapotrzebowania na ten rodzaj mięsa, a szczególnie mięsa kurcząt i indyków, wpłynęło na wyodrębnienie specyficznych kierunków ich użytkowania, np. w kierunku mięsnym lub nieśnym. Produkcja drobiu przeznaczonego do użytkowania mięsnego prowadzona jest w nowoczesnych stadach towarowych (co szczegółowo przedstawiono w rozdziale 2). Ptaki te przeznaczone są do szybkiego tuczu, uzyskują dużą masę ciała, co jest istotne z uwagi na coraz szersze wykorzystywanie ich mięsa do celów kulinarnych i przetwórczych.

**Ptaki** (*Aves*) **zaliczane do kręgowców** (*Vertebrata*) wydzielono w oddzielną gromadę. Ptaki posiadają wiele wspólnych cech z ssakami; są stałocieplne, serce składa się z dwóch komór i dwóch przedsionków mają oddzielny obieg krwi tętniczej i żylny. Do cech specyficznych dla tej gromady należy zdolność do lotu. Przednie kończyny ptaków przekształcone są w skrzydła, a większość kości wypełnionych jest powietrzem (kości pneumatyczne), co znacznie zmniejsza masę ciała. Ciało pokryte jest piórami stanowiącymi dobrą izolację termiczną. Układ oddechowy wyposażony w worki powietrzne, które umożliwiają tzw. podwójne oddychanie [32, 34, 49]. Ptaki domowe, zarówno drób grzebiący, jak i wodny, charakteryzują się odmiennym pokrojem; np. różnym upierzeniem czy kształtem ciała, w zależności od gatunku, rasy, płci, sposobu użytkowania.

Głowa drobiu grzebiącego jest mała, lekko wydłużona, wąska, o szerokim, krótkim, lekko zaokrąglonym dziobie. U nasady głowy wyrasta grzebień, który może być różnego kształtu. Pod dziobem ptaka znajdują się mniejsze lub większe dzwonki, gładkie oraz pofałdowane w zależności od rasy o barwie kremowej, czerwonej albo niebieskiej. U indyków występują charakterystyczne wyrostki, zwane koralami, o różnym ubarwieniu, najczęściej jednak intensywnie czerwone. Dziób drobiu wodnego jest spłaszczony, miękki, szeroki, przystosowany do pobierania pokarmu w wodzie. Gęsi mają długą i wygiętą szyję,

co wynika z dużej ilości kręgów szyjnych (17–18). U kaczek, kręgów szyjnych jest 14–15. Drób grzebiący ma natomiast 13–14 kręgów. Proporcje poszczególnych części ciała różnią się w zależności od specyfiki środowiska, w którym ptak żyje [8, 32, 34].

Jednym z cennych gatunków ptaków, współcześnie użytkowanych, są strusie.

**Struś afrykański** osiąga wysokość do 2,7 m (samiec) oraz do 2 m (samica). Jedną trzecią wysokości stanowi długa szyja zbudowana z 19 kręgów. Masa ciała samca wynosi ok. 150 kg, a samicy od 110 do 120 kg. Dziób strusia jest szeroki i płaski z dwoma nozdrzami i nie jest zbyt twardy, ponieważ nie służy ani do ataku, ani do obrony. Upierzenie strusi afrykańskich jest bardzo atrakcyjne. Ptaki te nie potrafią latać, z uwagi na brak rozwiniętego grzebienia na mostku i słabo rozwinięte mięśnie piersiowe. Struś ma bardzo dobry wzrok i słuch, zaś słaby węch i smak, nie ma wola, ale duży przełyk, również nie ma wykształconego gruczołu kuprowego. Mięśnie strusia stanowią alternatywne źródło mięsa czerwonego [21,27].

## 4.1. Charakterystyka skóry ptaków

Powłokę zewnętrzną ciała ptaków tworzy skóra wraz z jej wytworami. Skóra ptaków jest cienka, w miejscach nieopierzonych – grubsza. Skóra jest silnie otuszczona, zwłaszcza u drobiu wodnego, ma również warstwę dobrze wykształconych mięśni podskórnych, które ułatwiają ruch skóry. W skórze ptaków brak gruczołów łojowych i potowych, wyjątek stanowi gruczoł kuprowy (łojowy) u ptactwa wodnego.

Pomimo możliwości scharakteryzowania skóry ptaków, według ogólnej nomenklatury i podziału przyjętego dla ssaków, wprowadzono w literaturze szereg pomocniczych terminów i podziałów o niekiedy trudnej i niejednoznacznej interpretacji [32]. Autorem jednej z pierwszych prac, która ukazała się na temat budowy histologicznej skóry ptaków na przykładzie skóry strusia, był Lange [27, 28].

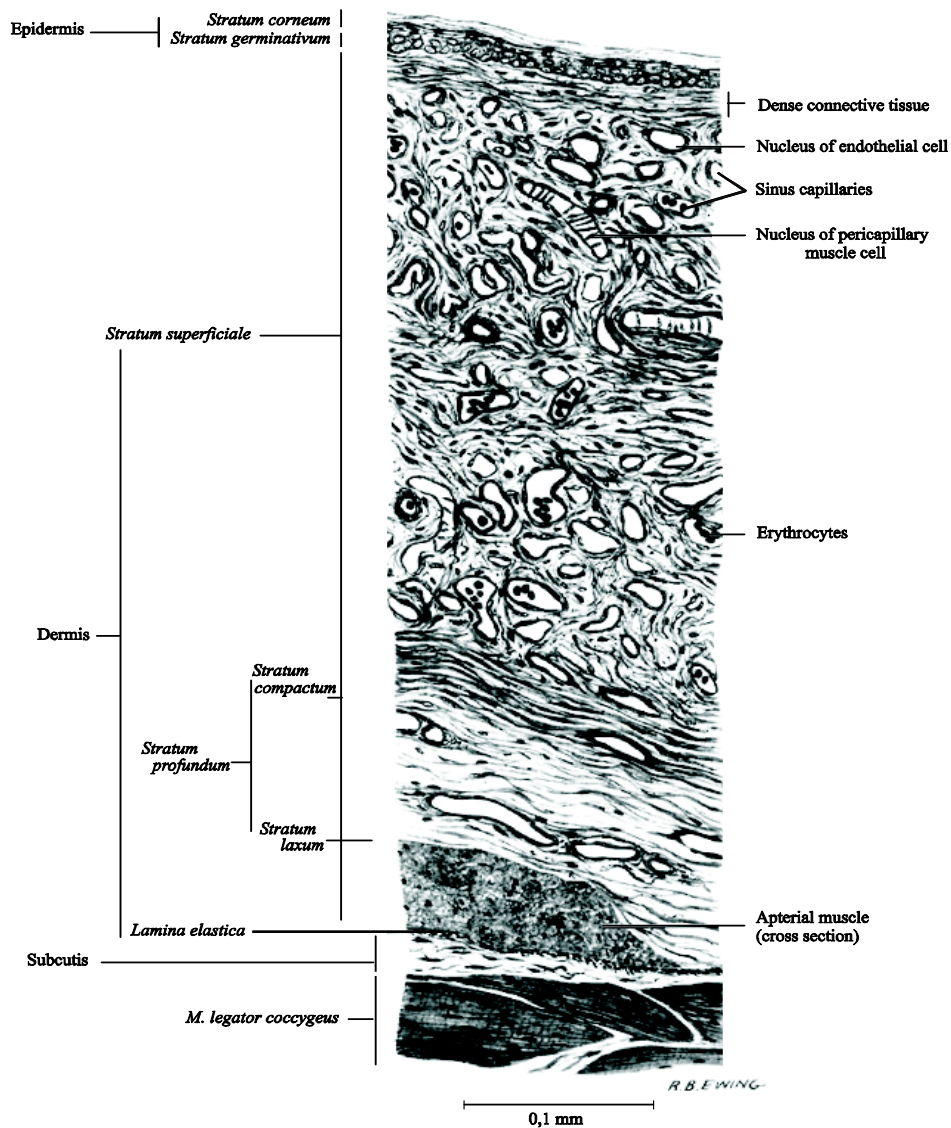
**Skóra (*cutis*)** ptaków zbudowana jest z **naskórka (*epidermis*)**, **skóry właściwej (*dermis*)** i **warstwy podskórnej (*subcutis*)**. **Naskórek** zbudowany jest z dwóch warstw ***stratum corneum*** (warstwa zrogowaciała) oraz ***stratum germinativum*** (warstwa rozrodcza). Warstwy powierzchniowe **skóry właściwej** przylegają ściśle do naskórka.

Lucas [32] dzieli skórę właściwą (***dermis***) kury na następujące 3 warstwy i podwarstwy (rys. 4.1):

- **warstwa powierzchniowa (*stratum superficiale*)**, rozwinięta w różnym stopniu w zależności od partii ciała,
- **warstwa głęboka (*stratum profundum*)**, w której wyróżnia dwie części:
  - zbitą (*stratum compactum*),
  - luźną (*stratum laxum*)
- **blaszka elastyczna (*lamina elastica*)** stanowi trzecią warstwę skóry właściwej.

Natomiast Lange [28] za skórę właściwą u strusia przyjmuje tylko warstwę powierzchniową tkanki łącznej przylegającą do  **błony hialinowej**  o grubości od 150 do 200  $\mu\text{m}$ . Całą pozostałą skórę znajdującą się pod powierzchnią warstwą tkanki łącznej uznaje autor za tkankę podskórną. Za odpowiednik warstwy brodawkowej (***stratum papillare***) w skórze ssaków przyjmuje on u ptaków dwie warstwy skóry właściwej.

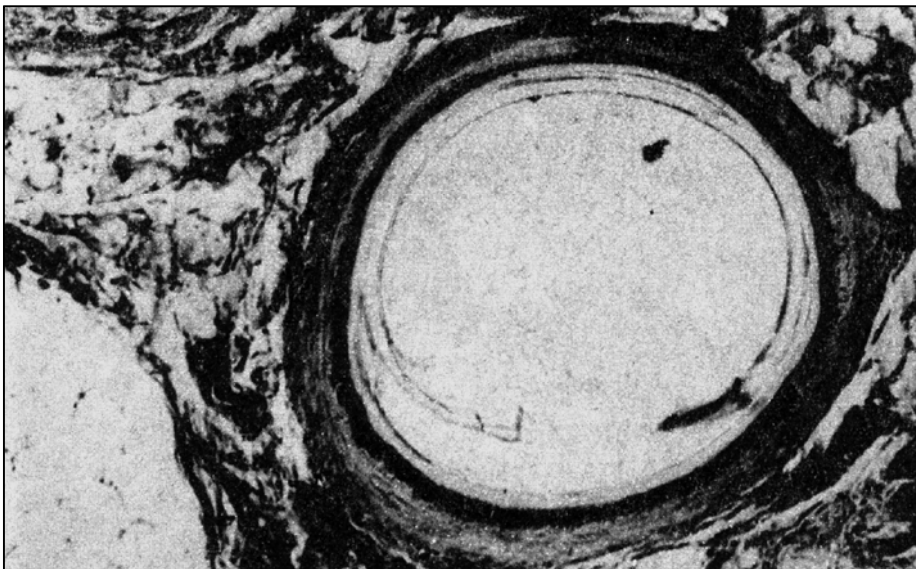




Rys. 4.1. Budowa histologiczna skóry [32]

Inne uzupełniające dane dotyczące histologicznej budowy skóry gęsi pomorskiej opisuje Smolińska [47]. Naskórek gęsi jest cienki, silnie pofałdowany, a jego grubość wynosi średnio ok. 11  $\mu\text{m}$ , natomiast w miejscach nieopierzonych 27  $\mu\text{m}$ . Budowa i grubość skóry właściwej gęsi jest zróżnicowana w zależności od partii ciała i zawartości tkanki tłuszczowej. Warstwa powierzchniowa zbudowana jest z włókien kolagenowych, pod którą znajduje się warstwa tłuszczowo-mięśniowa. Struktura tej warstwy zależy od tkanki tłuszczowej i stopnia opierzenia. Komórki tłuszczowe są różnej wielkości, przeplecione pęczkami włókien kolagenowych o różnokierunkowym przebiegu. Stopień rozwoju tkanki włóknistej jest odwrotnie proporcjonalny do zawartości tłuszczu w tej warstwie. Znaczny udział tkanki tłuszczowej w skórze gęsi pozwolił na określenie tej warstwy jako warstwy tłuszczowej.

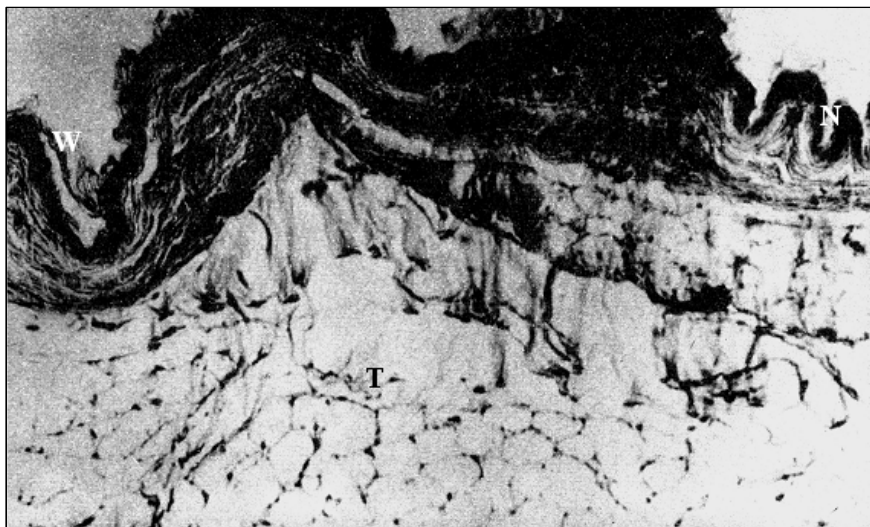
Elementem charakterystycznym skóry ptaków są wolne miejsca pozostające po usunięciu piór. Mięśnie przyczepne torebki piórowej (*musculus arrector pili*) są silnie rozwinięte i układają się w sposób charakterystyczny (rys. 4.2), a struktura tej warstwy jest zależna od pustych miejsc powstałych po usuniętych torebkach piórowych.



Rys. 4.2. Miejsce po torebce piórowej (x 600) [47]

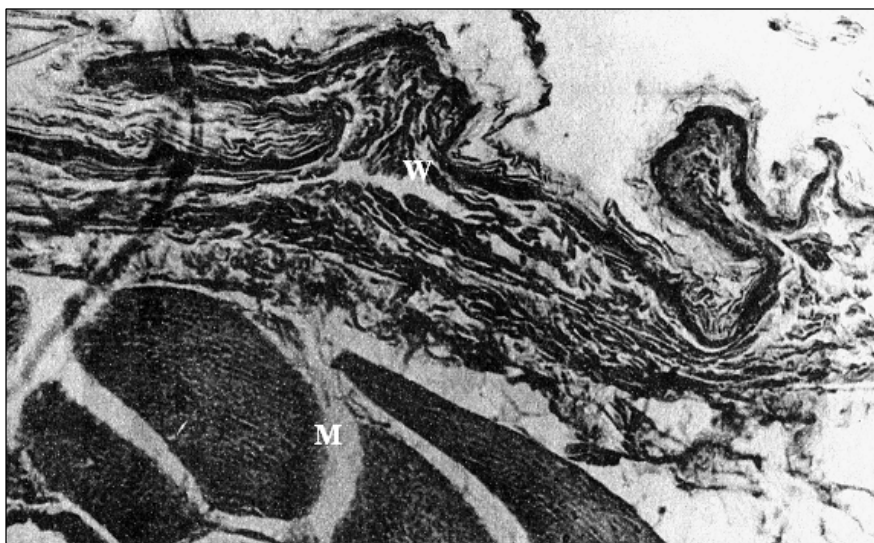
Poniżej znajduje się warstwa włókien kolagenowo-elastynowych przeplatana warstwą komórek tłuszczowych i pojedynczymi włóknami mięśni poprzecznie prążkowanych (rys. 4.3, 4.4).

Granicą pomiędzy warstwą tłuszczowo-mięśniową a warstwą podskórną jest warstwa tkanki łącznej. Warstwa podskórna jest mocno przetłuszczona [47]. Rysunek 4.3 przedstawia obraz histologiczny naskórka gęsi z cienką warstwą włóknistą oraz warstwą tłuszczową.



W – warstwa włókien kolagenowo-elastynowych  
T – warstwa tłuszczowa  
N – naskórek

Rys. 4.3. Obraz histologiczny skóry gęsi (x 200) [47]



Rys. 4.4. Obraz histologiczny skóry gęsi (x 200) [47]

## 4.2. Pióra budowa i charakterystyka

Skóra ptaków pokryta jest piórami, rogowym wytworem naskórka, które chronią ciało ptaków przed utratą ciepła i szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi. Wszystkie ptaki wodne natłuszczają pióra i naskórek wydzieliną gruczołu kuprowego, która chroni skórę przed wilgocią.

W upierzeniu drobiu rozróżnia się kilka typów piór w zależności od ich rozmieszczenia na ciele ptaka [37]:

- **pióra konturowe** (w tym miękkie) stanowią zewnętrzną osłonę ciała ptaków oraz **skrzydłowe i ogonowe** pióra twarde (mają sztywną oś i zwartą chorągiewkę);
- **pióra puchowe**, pozbawione stosiny i dutki, których rolę spełnia krótki czopik, a z jego wierzchołka wyrastają luźne promienie;
- **półpuchowe**, które mają cienką, wiotką oś i rozpięchłe chorągiewki;
- **pióra nitkowate**, czyli **szczeciniaste** pozbawione promieni o stosinie rozwidłonej na wierzchołku.

Pióra wyrastają w określonych miejscach nazywanych **opierzkami**. Miejsca pozbawione piór określane są jako **bezpierzki**. U piskląt występują pióra embrionalne, czyli tzw. **puch embrionalny**, który w miarę wzrostu ptaków zostaje wymieniony na właściwe dojrzałe upierzenie.

**Pióro konturowe** zbudowane jest z osi i chorągiewki.

Oś składa się z dutki i stosiny. **Dutka – dolna przezroczysta część osi**, o lekko spłaszczonym kształcie. Jej **zakończenie to stopka z małym otworkiem zwanym ssawką**, przez którą pióro jest odżywiane w okresie wzrostu. W piórze niedojrzałym dutka jest miękka, wypełniona półpłynną substancją, a na zewnątrz pokryta kleistą masą nabłonkową. W piórach dojrzałych dutka jest twarda i przezroczysta z widoczną wewnątrz tzw. duszą. Dusza w dutkach ptactwa wodnego ma kształt „linii przerywanej”, a ptactwa grzebiącego – „linii spiralnej”. Na podstawie dutki można rozpoznać rodzaj piór i stopień jego dojrzałości. W ogonie występują specyficzne pióra nazywane sterówkami oraz sierpówkami. Pióra ogonowe mogą być pięknie ubarwione, zwłaszcza u niektórych ras kogutów i indorów. Barwa piór zależy od ilości i różnorodności barwników oraz załamania światła na granicy substancji rogowej i powietrza. Pióra czarne i ciemnobrązowe zawdzięczają barwę obecności **eumelaniny**, a jasnobrązowe i żółte – **feomelaniny**. Pióra czerwone i żółte zawierają barwniki tłuszczowe **lipochromy** [4, 14]. Promienie słoneczne przywołują pióra białe (co może być uważane za wadę w skupie).

**Stosina** – nieprzezroczysta część osi, wypełniona gąbczastym rdzeniem i powietrzem. Po wewnętrznej stronie stosiny przebiega bruzdka, która zanika w miarę zbliżania się stosiny ku górnej części pióra. U ptactwa wodnego stosina jest biała niezależnie od barwy chorągiewki, natomiast u ptactwa grzebiącego ma barwę taką samą jak chorągiewka. **Chorągiewka** zbudowana jest z promieni i promyków. **Promienie wyrastają po obu bokach stosiny, a promyki – z boków promieni**. Promyki zarówno haczykowate, jak i listewkowate są płaskie i mają tzw. kresy w części przypromieniowej i środkowej. Na podstawie kształtu chorągiewek można ustalić gatunek i rodzaj pióra oraz miejsce, z jakiego ono wyrasta.

Upierzenie skrzydeł jest charakterystyczne z uwagi na przewagę piór twardych [14, 32]. **Pióra skrzydłowe dzielą się na lotki pierwszego i drugiego rzędu**. Lotek pierwszego

rzędu jest zwykle 10–12, natomiast drugiego rzędu od 14 do 24. W złożonym skrzydle – lotki II rzędu zachodzą na lotki I rzędu.

**Pióra puchowe** są pozbawione osi, a luźne, miękkie i sprężyste promienie z promykami (wyłącznie listewkowatymi) wyrastają w formie pęczka z bardzo krótkiej i delikatnej dutki, zwanej czopikiem. Promienie puchu zbudowane są z trójkątnych pudełeczek wypełnionych powietrzem, przez co puch jest lekki. W puchu dobrze wyrosniętym czopik jest prawie niewidoczny. Brak zazębienia się promieni i promyków oraz bardzo krótka oś (czopik) stanowią w pojęciu technologicznym zasadniczą cechę piór puchowych.

Wyróżnia się także **pióra półpuchowe**, które mają bardzo delikatną oś oraz chorągiewkę na delikatnych luźnych promieniach. U ptactwa wodnego pomiędzy piórami konturowymi wyrastają pióra puchowe i półpuchowe, wypełniając przestrzeń pomiędzy skórą a dachówkowato zachodzącymi na siebie chorągiewkami piór konturowych.

**Pióra nitkowate** to pióra, które nie wykształciły chorągiewek, a jedynie stosinę; nie mają one żadnego znaczenia użytkowego.

Skład chemiczny piór zależy od gatunku i rodzaju upierzenia. Pióro dojrzałe traci łączność z naczyniami krwionośnymi i jest tworem obumarłym, dlatego jest zastępowane przez nowo rozwijające się upierzenie. Pióra zbudowane są z białka skleroproteinowego keratyny. Keratyna nie jest rozpuszczalna w wodzie, w słabych zasadach i kwasach, również trudno hydrolizuje pod wpływem enzymów trawiennych. Jest białkiem o dużym udziale aminokwasów siarkowych, zwłaszcza cysteiny i cystyny w ilościach 8–14%. Pod wpływem wysokiej temperatury powyżej 100°C keratyna ulega hydrolizie do aminokwasów i dopiero w tej formie jest przyswajalna przez organizm zwierzęcy. **Przeciętny skład chemiczny pióra świeżego** przedstawia się następująco:

– woda	42,6%
– związki azotowe	53,6%
– tłuszcz	1,7%
– popiół	2,1%

Ponadto, w skład pióra wchodzi: siarka 2,57%, fosfor 0,34% (w postaci pięciotlenku), krzem 0,22% (jako dwutlenek krzemu), wapń 0,10% (tlenek wapnia) [14].

Oporność na działanie czynników fizycznych, chemicznych i enzymatycznych keratyny wynika z dużego udziału w tym białku mostków dwusiarczkowych. Enzymy wydzielone z bakterii *Bacillus licheniformis* są zdolne do hydrolizy keratyny [34, 43].

### 4.3. Podstawy budowy anatomicznej mięśni ptaków

Mięśnie ptaków są nierównomiernie rozbudowane. Najlepiej wykształciły się mięśnie piersiowe, zwłaszcza indyków. Uzyskano to dzięki wprowadzeniu specjalnych metod hodowlanych lub też genetycznego doskonalenia.

Mostek ptaków wyposażony jest w grzebień, który służy do przyczepu silnie rozbudowanych mięśni piersiowych poruszających skrzydłami.

Wyróżnia się dwa mięśnie piersiowe [32]:

- **mięsień piersiowy powierzchowny** (*musculus pectoralis superficialis*),
- **mięsień piersiowy głęboki** (*musculus pectoralis profundus*).

Natomiast w zespole mięśni nóg najważniejszymi są:

- **mięsień dwugłowy uda** (*musculus biceps femoris*) stanowiący istotną część mięśnia udowego,
- **mięśniami podudzia** (*musculus tensor fasciae latae*) otaczające kości strzałkową i piszczelową.

Słabo rozwinięte są natomiast mięśnie grzbietu i brzucha. Mięśnie drobiu są zróżnicowane nie tylko pod względem anatomicznym, ale również fizjologicznym. U drobiu grzebiącego dzieli się je, na podstawie barwy, na: **mięśnie białe** (jasne) piersiowe i **mięśnie czerwone** (ciemne) nóg. Różnią się one również strukturą, metabolizmem, składem chemicznym oraz właściwościami funkcjonalnymi (patrz rozdz. 6 i 8). Zasadniczy wpływ na wymienione cechy ma przynależność gatunkowa, wiek ptaków oraz system wychowu. Intensywny chów drobiu, prowadzony aktualnie na całym świecie, doprowadził do rozwoju mięśni piersiowych, szczególnie u drobiu grzebiącego, przy intensywnie białym zabarwieniu tych mięśni. Skłonność do zwiększania masy ciała i rozwoju mięśni piersiowych, szczególnie u indyków i kurcząt, ma istotne znaczenie gospodarcze, ponieważ wymienione mięśnie są preferowane przez konsumentów z uwagi m.in. na ich wysoką wartość dietetyczną.

#### 4.4. Struktura mięśni

Mięśnie zbudowane są z trzech tkanek: mięśniowej, łącznej właściwej i tłuszczowej. Wyróżniamy trzy rodzaje tkanki mięśniowej wchodzącej w skład mięśni drobiu grzebiącego i wodnego:

- **tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana szkieletowa** (*textus muscularis transversostratus sceleti*),
- **tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana serca** (*textus muscularis transversostratus cardiacus*),
- **tkanka mięśniowa gładka** (*textus muscularis glaber*).

Podstawową jednostką strukturalną tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej jest włókno mięśniowe. Mięśnie te w mikroskopie wykazują charakterystyczne prążkowanie poprzecznie w stosunku do długiej osi włókien [35].

U żywych zwierząt mięśnie różnią się masą i budową w zależności od wykonywanych funkcji. Za aktywność ruchową odpowiedzialne są mięśnie szkieletowe. Tkanka mięśniowa gładka zbudowana jest z wrzecionowatych komórek i występuje głównie w ścianach przewodu pokarmowego (żołądek, jelita) [8]. Najbardziej cenne są mięśnie szkieletowe ze względu na ich udział ilościowy oraz dużą przydatność kulinarną i technologiczną po przetworzeniu w mięso w wyniku procesów poubojowych.

#### **Budowa i funkcja włókien mięśniowych poprzecznie prążkowanych szkieletowych**

Włókno mięśniowe jest długą wielojądrzastą komórką osiągającą w różnych mięśniach długość od kilku milimetrów do kilku centymetrów, a jego średnica mieści się w zakresie od 10 do 150  $\mu\text{m}$ . U drobiu grubość włókien kształtuje się w granicach od 25 do 70  $\mu\text{m}$ .

Charakterystykę metaboliczną włókien mięśniowych przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1

Charakterystyka metaboliczna włókien [23, 26]

Cechy	Włókna		
	czerwone – wolne (Typ I)	czerwone – szybkie (Typ IIA)	białe – szybkie (Typ II)
tempo skurczu	wolne	szybkie	szybkie
odporność na zmęczenie	duża	mała	mała
źródła energii	fosforylacja oksydacyjna	fosforylacja oks. glikoliza	glikoliza
aktywność ATPazy (pH – 9,4)	słaba	silna	silna
aktywność dehydrogenazy bursztynianowej	silna	średnia	słaba
liczba mitochondriów	duża	średnia	mała

Średnica włókien zależy od gatunku, rasy, płci, wieku i sposobu użytkowania zwierząt [3, 21, 54]. Tkanka mięśniowa samic charakteryzuje się cienkowłóknistą strukturą. Średnica włókien mięśniowych zależy również od rodzaju mięśnia i typu włókien mięśniowych. Struktura włókien mięśniowych u gęsi jest bardziej grubowłóknista w porównaniu z drobiem grzebiącym. Włókna mięśni czerwonych mają mniejszą średnicę od włókien białych [5, 18, 52, 57, 59]. Szczegółową charakterystykę typów włókien mięśniowych przedstawiono w dalszej części tego rozdziału.

Włókna mięśni piersiowych u kurcząt około ósmego tygodnia życia są już na ogół wyształcone, natomiast u indyków proces ten trwa dłużej, bo nawet do 26. tygodnia życia. Tempo wzrostu i rozwoju włókien u indyków jest zależne przede wszystkim od typu użytkowego i linii, w których mogą występować osobniki wcześniej lub późno dojrzewające.

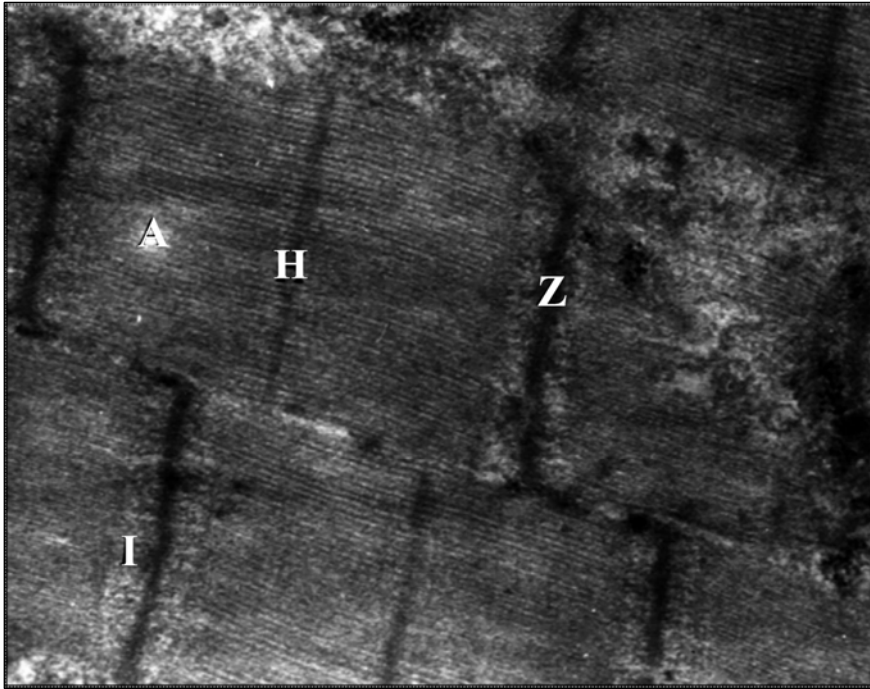
Włókna mięśniowe są zdolne do skurczu i rozkurczu. Włókna mięśniowe, podobnie jak inne komórki, otacza błona komórkowa – **sarkolemma**, zbudowana z podwójnej warstwy fosfolipidowej, w skład której wchodzi różne białka i cholesterol. Wymiana metabolitów pomiędzy wnętrzem komórki a strefą zewnętrzną odbywa się przez sarkolemmę. Włókna mięśniowe są otoczone błoną podstawną (*lamina basalis*). Na powierzchni włókien na wysokości linii Z występują kostamery, w których zlokalizowane są filamenty cytoszkieletu podbłonowego (patrz rozdz. 5, rys. 5.2).

Wewnątrz włókna mięśniowego znajdują się **włókieńka mięśniowe (miofibryle)** o średnicy od 1 do 2  $\mu\text{m}$ . Biegają one przez całą długość komórki, ułożone w pęczki, które otacza **sarkoplazma (cytozol)**.

Cechą charakterystyczną włókna mięśniowego jest występowanie na całej jego długości powtarzającego się poprzecznego prążkowania miofibryli, na które składają się **prążki jasne – izotropowe (I) i prążki ciemne – anizotropowe (A)** (fot. 4.1, rys. 5.1).

Przez środek prążka I przechodzi **linia Z**, która dzieli prążek na połowę. Powtarzające się co 2–3  $\mu\text{m}$  odcinki miofibryli z obu stron ograniczone liniami Z nazwano **sarkomerami**.

**Prążki izotropowe (jasne)** zbudowane są z **miofilamentów (filamentów) cienkich** o średnicy ok. 7 nm, w skład których wchodzi **aktyna** i białka z nią związane, w tym **białko regulujące skurcz włókna – tropomiozyna** i kompleks trzech białek **troponiny**.



- I – prążek izotropowy
- A – prążek anizotropowy
- H – prążek H
- Z – linia Z

Fot. 4.1. Budowa miofibryli w mięśniu piersiowym powierzchownym kurcząt [45]

**Prążki anizotropowe** (ciemne) zbudowane są z **miofilamentów grubych** o długości ok. 1  $\mu\text{m}$  i średnicy ok. 15 nm. Zbudowane są one z miozyny i charakteryzują się dwukrotnie większą średnicą niż filamenty cienkie, tj. w granicach od 10 do 14 nm. W części środkowej prążka **A** znajduje się **linia H**, a przez jej środek przebiega **pasmo M**.

W prążku **I** występują tylko miofilamenty aktynowe, natomiast w prążku **A** miofilamenty aktynowe i leżące między nimi i równoległe do nich miofilamenty miozynowe. Zarówno cienkie, jak i grube filamenty są uporządkowane heksagonalnie. Sześć miofilamentów aktynowych otacza każdy miofilament miozynowy [42, 51].

Obok miofilamentów miozynowych i aktynowych we włóknie mięśniowym występują jeszcze inne struktury białkowe, zwane **cytoszkieletem**. Tworzą one **miofilamenty cytoszkieletu wewnętrznego, zewnętrznego i podbłonowego**. Rola cytoszkieletu polega na łączeniu wszystkich struktur włókna mięśniowego i utrzymaniu jego organizacji [12, 13, 29, 30, 31, 36, 50]. Szczegółową charakterystykę białek miofibrylarnych podano w rozdziale 5 i na rysunkach 5.1 i 5.2.

**W sarkoplazmie** stanowiącej ok. 15–20% objętości włókna znajdują się białka sarkoplazmatyczne, w tym enzymy, które odgrywają znaczną rolę w kształtowaniu cech



jakościowych mięsa, takich jak: kruchość, soczystość oraz walory smakowo-zapachowe [26]. W sarkoplazmie rozmieszczone są również organella komórkowe, takie jak: **mitochondria**, **siateczka sarkoplazmatyczna**, **lizosomy** oraz **glikogen**, **kropelki tłuszczu** i **barwniki hemowe** (miogen, hemoglobina, cytochromy, hemocjaniny).

**Mitochondria** zlokalizowane są w miejscach, w których istnieje największe zapotrzebowanie na energię. Jedną z podstawowych funkcji tych struktur jest wytwarzanie, magazynowanie i uwalnianie energii w postaci kwasu adenozyntrifosforowego (ATP).

Kolejne ważne organelle to **lizosomy** otoczone błoną [3]. We wnętrzu tych struktur zlokalizowane są liczne hydrolazy, w tym **proteazy kwaśne (katepsyny)**. Charakterystykę tych enzymów i ich udział w degradacji białek w procesach poubojowych mięśni podano w rozdziałach 5 i 6.

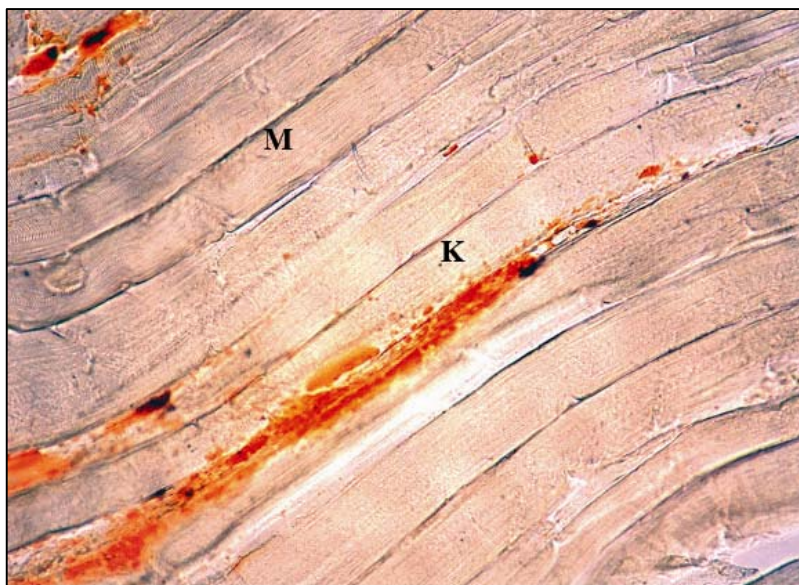
**Siateczka sarkoplazmatyczna SR** (*sarcoplasmic reticulum*) otacza każdą miofibrylę, tworząc zbiorniki połączone kanalikami. Funkcja tej struktury polega na koordynacji skurczu miofilamentów oraz wykazuje zdolność do gromadzenia i wydalania jonów wapnia.

Każdy mięsień otoczony jest tkanką łączną, zwaną **omięsną zewnętrzną** (*epimysium*), pęczki włókien mięśniowych otoczone są **omięsną wewnętrzną** (*perimysium*), a każde włókno – **śródmięsną** (*endomysium*) [25, 36, 38, 50, 51, 56].

**Tkanka łączna** właściwa składa się z istoty podstawowej, komórek włóknotwórczych (fibroblastów) oraz włókien kolagenowych, siateczkowych (retikuliny) i elastycznych (sprężystych). W skład istoty podstawowej wchodzi glikoaminoglikany (GAG). Włókna siateczkowe są zbudowane z kolagenu typu III i wchodzi w skład błon podstawnych [6, 7, 10]. Szczegółową charakterystykę białek łącznotkankowych podano w rozdziale 5.

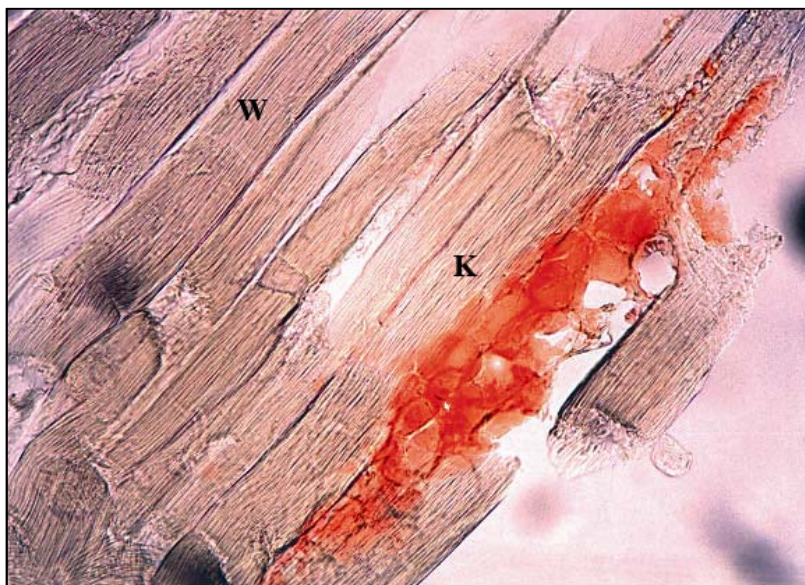
W mięsie kur ogólnoużytkowych występuje mniejsza ilość tkanki łącznej i grubsze włókna mięśniowe w porównaniu do surowca pozyskanego od kur ras nieśnych. Z wiekiem różnice w zawartości tkanki łącznej oraz w grubości włókien mięśniowych się powiększają. Mięso ptactwa wodnego zawiera mniejszą ilość tkanki łącznej, ale włókna mięśniowe są grubsze w porównaniu do mięsa kur i indyków [8].

**Tkanka tłuszczowa** w mięśniach zlokalizowana jest w omięsnej zewnętrznej, omięsnej wewnętrznej, w *endomysium* oraz jako tłuszcz strukturalny w postaci kropel we włóknie mięśniowym. **Młode komórki tłuszczowe** nazywane są **adipoblastami**, a po osiągnięciu dojrzałości **adipocytami**. Średnica tych komórek wynosi od 2 do 100  $\mu\text{m}$ , występują one pojedynczo lub w zespołach. O ilości tłuszczu mięśniowego decyduje gatunek drobiu, płeć, wiek, pora roku i sposób żywienia [9, 25, 47, 57]. W mięśniach drobiu występuje głównie tłuszcz śródmięśniowy. Mięśnie nóg charakteryzują się wyższym udziałem tkanki tłuszczowej w porównaniu z mięśniami piersiowymi, a szczególnie chude mięso pozyskiwane jest z tuszek indyków oraz młodego drobiu rzeźnego [44, 46, 47]. Fotografie 4.2 i 4.3 ilustrują rozmieszczenie komórek tłuszczowych w mięśniach piersiowych i udowych kurcząt.



K – krople tłuszczu, M – włókno mięśniowe

Fot. 4.2. Rozmieszczenie krople tłuszczu w mięśniu piersiowym kurcząt



K – krople tłuszczu, W – włókno mięśniowe

Fot. 4.3. Rozmieszczenie krople tłuszczu w mięśniu udowym kurcząt

## 4.5. Typy i metabolizm włókien mięśniowych

Dwubarwność mięśni drobiu grzebiącego, tj. występowanie mięśni jasnych (białych) i ciemnych (czerwonych), jest cechą specyficzną postrzeganą wizualnie. Różnice pomiędzy mięśniami ciemnymi i jasnymi wynikają ze zróżnicowanej zawartości barwników hemowych, odmiennej struktury, składu chemicznego, charakterystyki biochemicznej i histochemicznej.

W wyniku udomowienia oraz intensyfikacji produkcji niektórych gatunków drobiu grzebiącego doszło do tzw. hipertrofii, czyli zwiększenia średnicy włókien mięśniowych, co spowodowało istotne zmiany w metabolizmie poszczególnych grup mięśni, polegające na przemianie włókien pierwotnie czerwonych w białe [2, 21]. Proces ten pociągnął za sobą zmiany w jakości mięsa, z czym często związane jest występowanie wad takich jak: dystrofia mięśniowa, martwice włókien, powstawanie włókien olbrzymich, prowadzące do zwyrodnienia mięśnia oraz występowania mięsa wodnistego [19, 24, 33].

Ranvier [39] już w 1874 r. stwierdził, że czerwona barwa mięśni powiązana jest z wolnym tempem skurczu włókien mięśniowych. Na tej podstawie rozpoczęto badania i wykazano, że istnieje zróżnicowanie fizjologiczne i metaboliczne różnych typów mięśni.

Obecnie w pierwszym rzędzie klasyfikuje się mięśnie, biorąc pod uwagę kryteria neurofizjologiczne, tj. głównie czas reakcji mięśni, na:

- toniczne, posiadające głównie włókna czerwone o wolnej reakcji, odporne na zmęczenie;
- fazowe, zbudowane z białych, szybko reagujących włókien. Mięśnie te męczą się szybko i wymagają dłuższego czasu do regeneracji niż toniczne.

W literaturze przedmiotu [15, 16, 17, 21, 23, 24, 41, 58] istnieje wiele klasyfikacji mięśni, a przede wszystkim włókien je budujących. Klasyfikacji tych dokonuje się jak podano wyżej – na podstawie kryteriów neurofizjologicznych (szybkość skurczu, stopień kontrakcji) lub morfologicznych (średnice włókien, ilość mitochondriów, zawartość glikogenu, barwa – ilość mioglobiny), czy też biochemicznych (aktywność glikolityczna i oksydacyjna).

Podstawowy podział włókien obejmuje charakterystykę neurofizjologiczną, tj. w zależności od reakcji na acetylocholiny wyróżnia się, podobnie jak mięśnie, włókna toniczne i fazowe (tab. 4.2).

Włókna toniczne rzadko występują w mięśniach szkieletowych kręgowców. Początkowo stosowano podział włókien fazowych na czerwone, pośrednie i białe głównie ze względu na barwę będącą pochodną udziału mioglobiny, przy czym szybkość reakcji włókien czerwonych była wolna, a pozostałe charakteryzowano jako szybkie (tab. 4.1).

Brana jest również pod uwagę charakterystyka histochemiczna włókien uwzględniająca zdolność wybarwienia na ATP-azę miozynową, ilość mitochondriów, reakcję na fosforylę i wytrawianie lipidów (tab. 4.3).

Uzupełniając tę klasyfikację o charakterystykę biochemiczną, Kilarski [23] wskazuje na glikolityczny metabolizm włókien białych, oksydacyjny czerwonych i mieszany włókien pośrednich. Khan [22] zaproponował podział włókien mięśniowych kurcząt na czerwone A, czerwono-różowe B i białe W (tab. 4.3).

Współcześnie wielu autorów [38, 55, 58] proponuje podział włókien mięśniowych fazowych na podstawowe typy, tj. włókna  $\alpha$ -szybko-kurczliwe o wysokiej aktywności glikolitycznej i włókna  $\beta$ -wolno-kurczliwe o niskiej aktywności glikolitycznej (tab. 4.4).

Tabela 4.2

## Klasyfikacja niektórych typów włókien mięśniowych [23]

Klasyfikacja	Kryteria klasyfikacji	Włókna			Włókna toniczne
		białe	pośrednie	czerwone	
Histochemiczna	mioglobina	+	++	+++	
	łuszcz	+	++	+++	
	mitochondria	+	++	+++	
	fosforylazy	+++	++	++	
	ATP-aza miozynowa	+++	++	+	
Biochemiczna	metabolizm	glikolityczny	oksydacyjno-glikolityczny	oksydacyjny	glikolityczny
Fizjoneurologiczny	reakcja na acetylocholinę	skurcz tężcowy			skurcz wolny

+ – zawartość lub aktywność mała

++ – zawartość lub aktywność średnia

+++ – zawartość lub aktywność duża

Tabela 4.3

## Charakterystyka włókien mięśniowych [15]

Włókna	Czerwone – wolne	Pośrednie – szybkie	Białe – szybkie
Wyróżniki			
Barwa	czerwony	czerwono-różowy	biały
Zawartość glikogenu	mała	duża	duża
Rozmiar włókna	małe	pośrednie	duże
Kontrakcja	wolna	szybka	szybka
Stopień kontrakcji	słaby	duży	duży
Mitochondria	duże	średnie	małe
Aktywność glikolityczna	mała	wysoka	wysoka
Aktywność oksydacyjna	duża	duża	mała

Tabela 4.4

## Porównanie stosowanej nomenklatury dla różnych typów włókien mięśniowych kurcząt [22]

Typ włókien	Charakterystyka
wolne-toniczne ( <i>oxidative</i> )	I Red B (czerwone B) (IRB)
szybko-toniczne ( <i>oxidative-glycolytic</i> )	I Red A (czerwone A) (IRA)
szybko-kurczliwe ( <i>oxidative-glycolytic</i> )	(II R) (czerwono-różowe)
szybko-kurczliwe ( <i>glycolytic</i> )	II W (białe)

Włókna  $\alpha$  cechuje zróżnicowany metabolizm tlenowy, co stanowi podstawę dalszego podziału na włókna:

**$\alpha$  czerwone** ( $\alpha R$  – red) lub IIA – o mechanizmie glikolityczno-tlenowym, szybko kurczliwe, zawierają dużo mioglobiny i mitochondriów o większej średnicy aniżeli włókna typu  $\beta R$  o dużej aktywności ATPazy w środowisku kwaśnym (są to włókna pośrednie wg wcześniejszej nomenklatury).

**$\alpha$  białe** ( $\alpha W$  – white) lub IIB – o aktywności glikolitycznej, szybko kurczliwe o dużych średnicach, zawierają mało mioglobiny, mało mitochondriów, mniej tłuszczu niż pozostałe typy włókien, tracą aktywność ATPazy w środowisku kwaśnym.

Włókna typu  $\beta$  cechuje pośrednia lub wysoka aktywność przemian tlenowych, wśród nich dominują:

**$\beta$  czerwone** ( $\beta R$  – red), określane jako typ IB, o metabolizmie tlenowym, wolno kurczliwe, o małej średnicy, zawierają dużo mioglobiny, mitochondriów, wykazują stabilną słabą aktywność ATP-azy w środowisku kwaśnym.

Mięśnie jasne i ciemne charakteryzują się odmiennym metabolizmem, czyli odmiennymi przemianami fizjologiczno-biochemicznymi, co znajduje swoje odbicie w występowaniu izoform miozyny o różnej liczbie i masie cząsteczkowej lekkich łańcuchów. Miozyna mięśni jasnych drobiu zawiera trzy łańcuchy lekkie, w tym dwa alkaliczne (LC1, LC3) oraz jeden ufosforylowany (LC2), natomiast miozyna mięśni czerwonych nie zawiera łańcucha LC3 [16, 59].

**Włókna typu  $\alpha R$  (IIA) czerpią z dwóch źródeł energii: fosforylacji oksydatywnej i glikolizy. Włókna typu  $\alpha W$  (IIB) korzystają głównie z energii wytwarzanej podczas glikolizy.** Włókna te zawierają szczególnie dużo glikogenu, który wykorzystują jako substrat energetyczny. Rozkład poszczególnych typów włókien jest zależny od rasy zwierzęcia oraz rodzaju badanego mięśnia. W większości mięśni włókna białe i czerwone występują w pewnym stosunku do siebie, zależy to również od płci i rodzaju pracy, jaką dany mięsień wykonuje za życia zwierzęcia. W mięśniach piersiowych (*pectoralis*) kurcząt głównie występują włókna typu  $\alpha W$  (IIB), podczas gdy mięśnie nóg (np. *semimembranosus*) charakteryzują się różnym udziałem włókien  $\alpha R$  (IIA),  $\beta R$  (IB) i  $\alpha W$  (IIB).

U drobiu wodnego (gęsi i kaczki) mięsień piersiowy zbudowany jest w 80–90% z czerwonych włókien (o metabolizmie tlenowym) oraz z 10–20% z białych (przemiany glikolityczne), podczas gdy u indyków i kur prawie cały mięsień piersiowy składa się z włókien białych [25, 55].

Przeprowadzono badania na mięśniach kurcząt, w których wykazano zgodność klasyfikacji włókien na podstawie wyróżników fizjologiczno-metabolicznych z oznaczeniem histochemicznym aktywności ATP-azy miozynowej. Włókna typu I barwią się słabo w tej reakcji, włókna typu II wykazują wysoką aktywność ATP-azy [1, 11, 35, 48, 51].

Dany typ włókien jest zdeterminowany prenatalnie w fazie rozwoju zarodka lub ich przekształcenia przebiegają postnatalnie. Na przykład w mięśni *pectoralis* kurcząt, postnatalnie może zachodzić zmiana metabolizmu włókien z typu I na typ II, podczas gdy mięsień *gastrocnemius* różnicuje się na wszystkie trzy typy włókien bezpośrednio po urodzeniu. Wykazano, że włókna pośrednie u kurcząt powstają z włókien intensywnie czerwonych, dopiero w miarę rozwoju oraz działania czynników zewnętrznych. Aktywność ATP-azy w części włókien zwiększa się w fazie rozwoju mięśni, aż do uzyskania poziomu typowego dla włókien typowo białych [40, 49]. Wzrost aktywności enzymatycznej związany jest ze zmianami ilościowymi w białkach, przede wszystkim sarkoplazmatycznych. W okresie

od urodzenia kurczęcia aż do 20. dnia życia ilość białek sarkoplazmatycznych wzrasta o 20%. Prowadzono również badania aktywności dehydrogenazy mleczanowej (LDH), i tak w stanie embrionalnym dominowała forma typowa dla mięśnia sercowego, a przed samym wykluciem obserwowano syntezę podjednostek charakterystycznych dla dojrzałych mięśni szkieletowych. W celach analitycznych wykorzystywano mięśnie piersiowe i udowe, a zaistniałe pomiędzy nimi różnice polegały na wyższej koncentracji LDH w mięśniach nóg. Na podstawie powyższych przykładów można wnioskować, że już w okresie embrionalnym zaczyna się specjalizacja w kierunku wykształcenia odpowiednich funkcji metabolicznych mięśni. Zależność gatunkowa mięśni manifestuje się zróżnicowaniem włókien w czasie rozwoju. Stosunek różnych typów włókien względem siebie w tym samym mięśniu może być w tej fazie zmienny. Stan taki kształtuje się w trakcie rozwoju osobniczego, co wyraża się między innymi zmianą aktywności enzymatycznej [11, 17, 21, 52, 53]. Przeprowadzono również badania w trakcie rozwoju kurcząt pomiędzy 3. a 60. dniem życia po wylęgu, wykorzystując jako test różnicujący aktywność dehydrogenazy bursztynianowej (SDH). Dehydrogenaza bursztynianowa zlokalizowana w mitochondriach jest bardzo czuła na wszelkie zmiany zachodzące w ich wnętrzu. Aktywność SDH jest wprost proporcjonalna do ilości mitochondriów i stąd jej wyższy poziom w tkance mięśniowej z przewagą włókien czerwonych, z czym jest również związana wyższa ilość mioglobiny i bogate uanaczenie mięśni. W kolejnych dniach wzrostu kurcząt aktywność SDH włókien pośrednich zmniejsza się stopniowo, aż stają się one typowymi włóknami białymi. Jednocześnie ze wzrostem osobniczym wzrasta głównie gęstość mitochondrialna i aktywność SDH we włóknach cienkich, czego nie obserwowano we włóknach grubych. Wskazuje to, że włókna cienkie-czerwone przygotowane są do metabolizmu tlenowego, włókna grube-jasne do metabolizmu glikolitycznego. Różnicowanie metabolizmu włókien może także przebiegać na podstawie zawartości glikogenu oraz aktywności lipolitycznej i lizosomalnej.

## 4.6 Streszczenie

Pokrój ciała ptaków jest cechą gatunkową, np. różny kształt ciała drobiu wodnego, grzebiącego. Zewnętrzną powłokę ciała ptaków stanowi skóra wraz z jej wytworami, zbudowana jest z naskórka, skóry właściwej i warstwy podskórnej. Skóra ptaków jest cienka i sucha pozbawiona gruczołów, z wyjątkiem gruczołu kuprowego u drobiu wodnego. Skóra ptaków pokryta jest piórami, które mogą być wykorzystane w przemyśle galanteryjno-pierzarskim (najcenniejsze są pióra puchowe gęsi). Umięśnienie ciała ptaków decyduje o ich przydatności technologicznej. Mięśnie szkieletowe są nierównomiernie rozwinięte, najlepiej wykształcone są mięśnie piersiowe indyków i kurcząt-brojlerów. Podstawową jednostką strukturalną mięśni są włókna mięśniowe o różnej grubości w zależności od gatunku, wieku i płci zwierzęcia. U drobiu grzebiącego mięśnie są zróżnicowane pod względem barwy, na białe (jasne) piersiowe i czerwone (ciemne) nóg oraz ze względu na kryteria neurofizjologiczne, biochemiczne i metabolizm. Mięśnie piersiowe charakteryzują się metabolizmem glikolitycznym, natomiast mięśnie nóg – glikolityczno-oksydacyjnym lub wyłącznie tlenowym.

## Piśmiennictwo

- [1] Abberle R.E.D., Addis P.B., Shoffer R.N.: 1979. Fiber types in skeletal muscles of broiler and layer-type ccs. *Poultry Sci.* 58, 1210–1211.
- [2] Addi P.B.: 1986. *Poultry muscle as food*. Ed. Bechtel P.J. Academic Press, London, 371–404.
- [3] Alberts B., Bray D., Jason A., Lewis J., Ralf M.R., Roberts K., Walter P.: 1999. *Podstawy biologii komórki* (tł. Michejda J., Augustyniak J., Ziemiński K.), PWN, Warszawa, 517–548.
- [4] Anders E.: 2003. Kryteria handlowe uszlachetnionego pierza gęśiego i kurzego. *Polskie Drobiarstwo*, 2, 9–12.
- [5] Asghar A., Morita J.I., Samejima K., Yasui T.: 1984. Biochemical and functional characteristics of myosin from red and white muscles of chicken as influenced by nutritional stress. *Agric. Biol. Chem.*, 48, 2217–2224.
- [6] Bailey A.J., Light N.D.: 1989. *Connective tissue in meat and meat products*. Elsevier Appl. Sci., London.
- [7] Barbut S.: 1998. Estimating the magnitude the PSE problem in poultry. *J. Muscle Foods* 9, 35–49.
- [8] Barbut S.: 2002. *Poultry Products Processing*. CRC Pres. Boca Raton, London, New York.
- [9] Bradecki J., Klosowska D., Elminowska-Wende G., Bernacki Z.: 1975. Występowanie zmian histopatologicznych w m. pectorialis superficialis kaczek rodowych, grup tetycznych w typie pekin. *Zesz. Nauk., PTZ, Prz. Hod.*, 32–36.
- [10] Burson D.E., Hunt M.G.: 1986. Proportion of collagen types I and II in bovine muscles differing in tenderness. *J. Food Sci.* 46, 708–715.
- [11] Carpentier C.E., Cassens R., Greaser S.: 1984. The agreement of ATPase with immunology for typing myofibrils of chicken skeletal muscle. *Proceed. 30<sup>th</sup> Eur. Meeting Meat Res. Workers, Bristol*, 120–130.
- [12] Dąbrowska R., Grąźewicz M.A.: 1995. Cytoszkielek komórki mięśniowej. *Post. Biochem.* 41, 165–174.
- [13] Dąbrowska R.: 1994. Cytoplazmatyczne białka motoryczne. *Post. Biochem.*, 40, 96–104.
- [14] Deregowski K., Jusik H.: 1973. *Pierzarstwo*. WNT, Warszawa.
- [15] Forrest J.C., Elton D., Aberle C., Harold B., Hedrik M., Judge D., Markel R.A.: 1975. *Principles of meat science*. Ed. WH Freeman and Company, San Francisco.
- [16] Gauthier G.F.: 1990. Differential distribution of myosin isoforms among the myofibrils of individual developig muscle fibers. *J. Cell. Biol.* 110, 6, 93–701.
- [17] Grey Y., Picard B.: 1995. Significance of muscle fiber types in development of muscle and meat quality. *Proceed. 48<sup>th</sup> Recip. Meat Conf. AMSA*, 48, 51–58.
- [18] Hay J.A., Currie R.W., Walfe F.H., Sanders E.F.: 1979. Effect of post mortem ageing on chicken muscle fibrils. *J. Food Sci.*, 38, 981–986.
- [19] Hojnowska M., Klosowska D., Bernacki Z.: 1997. Występowanie zmian histopatologicznych w m. pectoralis kur leghorn. i plymouth. *Zesz. Nauk. PTZ Prz. Hod.*, 332–337.
- [20] Kaczmarek F.: 1977. Zróżnicowanie włókien mięśniowych w mięśniach szkieletowych kręgowców. *Postępy Biologii Komórki*.
- [21] Kafka M.: 2002. Struś Afrykański, internet [http://www.ptaki.voltronik.pl/artykuly\\_strus\\_afrykanski.html](http://www.ptaki.voltronik.pl/artykuly_strus_afrykanski.html)
- [22] Khan M.A.: 1979. Histochemical and ultrastructural characteristics of a new muscle fiber type in avian striated muscle. *Histochem. J.*, 11, 321–335.
- [23] Kilarowski W.: 1973. Ultrastruktura i funkcja komórki. *Red. Kawiak J. i wsp.*, Warszawa, 227–229.
- [24] Klosowska D., Lewandowska M., Puchajda H.: 1999. Zmiany histopatologiczne w mięśni piersiowym powierzchniowym (m. *pectoralis superficialis*), w mięśni dwugłowym uda (m. *biceps femoris*) indyczek z różnych grup genetycznych. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.* 45.

- [25] Korzeniowska M., Smolińska T.: 2005. Histochemical analysis of chicken meat obtained from birds supplemented with plant oils. *Proceed. XVII<sup>th</sup> Eur. Symp. Quality of Poultry Meat*. Doorwerth, The Netherlands, 23-26 may 2005, 93–98.
- [26] Laakkonen E.: 1973. Factors affecting tenderness during heating of meat, [in:] *Advances in research*, Red C.C., Chichester E.M., Mrak G.F., Stewart I., Acad. Press. New York–London, 20, 257–323.
- [27] Lange B.: 1929a. Über einige besondere Formen des Fasererlaufes in Bindegewebe der Vogelhaut. *Anat. A.* 67, 452–459.
- [28] Lange B.: 1929b. Über die Haut von Struthio, Rhea und Dromacus. *Morf. Jahrbuch*, 62, 464–506.
- [29] Locker R.H., Daines G.J., Carse W.A., Leet N.G.: 1977. Meat tenderness and the gap filaments. *Meat.Sci.* 1, 87–104.
- [30] Locker R.H., Davey C., Lattingham P.M., Haughey D.P., Law N.H.: 1982. New concepts in meat processing, [in:] *Advances in food research*. Ed.. Chichester C.C, Mrak E.M, Stewart G.F. Acad. Press, New York, 21, 157–222.
- [31] Locker R.H., Wild D.J.G.: 1984. The N-lines of skeletal muscle. *J. Ultrastruct. Res.*, 88 207–222.
- [32] Lucas A.M., and Stettenheim P.R.: 1972. Avian anatomy integument. *Agriculture Handbook* 362, Washington D.C.
- [33] Meller Z.: 1978. Przegląd ważniejszych teorii dotyczących etiologii syndromów PSS i PSE. *Med. Wet.* XXXIV, 9, 554–556.
- [34] Niewiarowicz A.: 1993. *Technologia drobiu*. Praca zbiorowa pod red. T. Grabowskiego, WNT, Warszawa, 332–346.
- [35] Ostrowski K.: 1995. *Histologia*. PZWL, Warszawa.
- [36] Palka K.: 2000. Zmiany w mikrostrukturze i teksturze mięśni bydłych podczas dojrzewania poubojowego i ogrzewania. *Rozpr. Hab., Zesz. Nauk.* 270, AR im. H. Kołłątaja w Krakowie.
- [37] PN-EN1885.: 2000. *Pierze i puch*. Terminy i definicje.
- [38] Ponińska A., Uziębło L.: 1978. *Indyki*. PWRiL, Warszawa.
- [39] Ranvier L.: 1874. De guelgues faits relatifs al'histologie ett a la physiologie des muscles stries. *Arch. Physiol. Norm. Path.* 2 ser. I.
- [40] Ricklefs E.R.: 1985. Modification of growth and development of muscles of poultry. *Poultry Sci.*, 64, 552–556.
- [41] Sadowska M., Schwagele F.: 1999. Kuhlung, Kuhlagerung und Fleischreifung. *Fleischw.*, 54, 91-93, *Mięso i Wędliny*, 7, 99, 32–35.
- [42] Schreurs F.J.G.: 2000. Post-mortem changes in chicken muscle. *World's Poultry Sci. J.*, 56, 3319.
- [43] Shih Jason C.H.: 1993. Recent development in poultry waste digestion and feather utilization (a review). *Poultry Sci.*, 72, 1617–1620.
- [44] Smith D.P., Fletcher D.L., Buhr R.J., Beyer R.S.: 1993. Peckin duckling and broiler chicken Pectorialis Muscle structure and composition. *Poultry Sci.*, 72, 202–208.
- [45] Smolińska T., Abdul-Halim F.: 1992. The effect of refrigeration method on meat quality and ultrastructural changes in broiler carcasses stored at -1°C. *Arch. Geflugelk.*, 56, 86–90.
- [46] Smolińska T., Malczyk E., Krzowski R.: 2002. Analiza histologiczna lipidów mięśni jasnych kurcząt żywionych paszą wzbogaconą w oleje roślinne i  $\alpha$ -tokoferol. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 30.
- [47] Smolińska T.: 1968. Histologiczna charakterystyka gęsi domowej. *Zeszyty Naukowe WSR Wrocław* (75), 238–245.
- [48] Sośnicki A.A., Cassens R.G.: 1987. Determination of fiber types in chicken skeletal muscles based on reaction for actomyosin,  $Ca^{+}$ ,  $Mg^{+}$ -dependent ATP-ase. *Poultry Sci.*, 67, 973–978.
- [49] Sośnicki A.A., Wilson B.W.: 1991. Structure and development of meat animals and poultry. *Food Structure*, 10.



- 
- [50] Squire J.M.: 1992. The structures of striated and smooth muscles environmental physiology. Ed. Sugi H., Springer – Verlag, Berlin-Heidelberg, 12, 87–131.
- [51] Stevens A., Lowe J.: 1994. Histologia, Wyd. Med. Słowiński, Verlag-Brema Stryer L., 1997: Biochemia. Wyd. Nauk, Warszawa, 515, 619, 564.
- [52] Suzuki A., Cassens R.G.: 1980. A histochemical study of myofibrils types in muscle of the growing pig. *J. Animal. Sci.*, 51, 1449–1461.
- [53] Suzuki A., Tsucjhiya T., Tamate H.: 1982. Histochemical properties of myofibrils types in thigh muscle of the chicken. *Acta Histochem. Cytochem.*, 15, 362–365.
- [54] Thayne R., Dutson A., Carter A.: 1985. Microstructure and biochemistry of avian muscle and relevance to meat processing industries. *Poultry Sci.*, 64, 1577–1590.
- [55] Wicke M., Hahn G., Moak S., Von Langerken G.: 2001. Nach haltegei und der Leischerzungung. *Fleischw.*, 9, 125–128.
- [56] Wilson B., Nicbero P.S., Buhr R.J., Shultz F.T., Kelly B.J.S.: 1990. Incidence of histopathological changes in *m. pectoralis superficialis* of the chicken. *Poultry Sci.*, 69, 1553–1562.
- [57] Witkiewicz K.: 1999. Charakterystyka włókien mięśniowych *m. pectoralis major* kaczek z dwóch grup zachowawczych. *Zesz. Nauk. PTZPrz. Hod.* 45.
- [58] Xiong Y.L., Blanchard S.P.: 1994. Dynamic gelling properties of myofibrillar protein from skeletal muscle of chicken parts. *J. Agric. Food. Chem.*, 42 670–674.
- [59] Xiong Y.L.: 1994. Myofibrillar protein from different muscle fiber types: Implications of biochemical and functional properties in meat processing. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 34, 293–320.



# 5.

## BIĄŁKA MIĘŚNIOWE

*Jacek Kijowski, Jolanta Tomaszewska-Gras*

Białka występujące w mięśniach są pod względem zawartości drugim składnikiem po wodzie i stanowią ok. 16–24% lub 50–95% organicznych substancji stałych mięsa, w zależności od zawartości tłuszczu. Białka mięśniowe tworzą trzy duże grupy białek różniące się:

- lokalizacją w mięśniach,
- właściwościami fizykochemicznymi, w tym rozpuszczalnością,
- właściwościami funkcjonalnymi.

Są to białka miofibryli, tkanki łącznej, zwane też białkami stromy oraz plazmy mięśniowej, czyli sarkoplazmy. Zasadnicza struktura włókna mięśniowego widziana w mikroskopie elektronowym to grube i cienkie filamenty, linia – M, linia – Z oraz linia – N.

### 5.1. Białka miofibryli

Białka włókna mięśniowego, zwane też białkami miofibryli, tworzą strukturę włókna mięśniowego, którego nowoczesną koncepcję przedstawia rysunek 5.1.

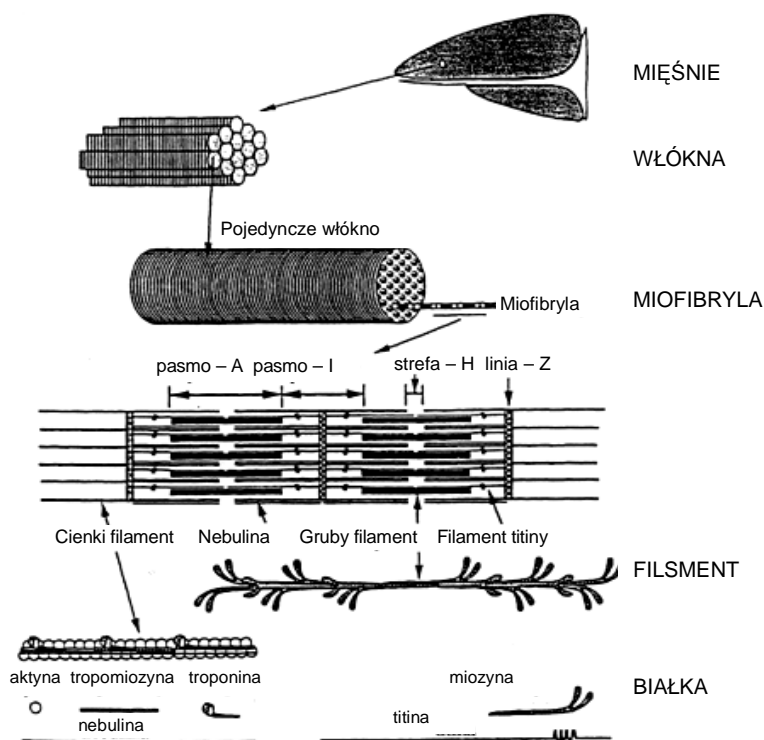
Białka miofibryli tworzą największą grupę białek i stanowią 55–60% ogólnej ilości białek mięśniowych. Miofibryle zajmują ok. 80% objętości włókna [56]. Wśród białek miofibryli można wyróżnić trzy grupy:

- białka kurczliwe,
- białka regulujące skurcz,
- białka cytoszkieletowe.

Większość białek miofibrylarnych można wyizolować z rozdrobnionej tkanki mięśniowej roztworem soli o sile jonowej  $\geq 0,6$ . Białka te nie są rozpuszczalne przy niskiej sile jonowej.

#### **Białka kurczliwe**

Przedstawicielem białek miofibrylarnych (kurczliwych) jest miozyna zlokalizowana w strukturze filamentów grubych miofibryli (rys. 5.1). W mięsie ssaków, ptaków i ryb stanowi ok. 45% białek miofibrylarnych [28, 38]. Miozynę można wyizolować z tkanki mięśniowej po uprzednim wymyciu białek rozpuszczalnych w wodzie, roztworem KCl o stężeniu wyższym niż  $0,15 \text{ mola/dm}^3$  [43, 44].



Rys. 5.1. Białka struktur miofibrylarnych [8]

**Miozyna** jest białkiem o wysokiej masie cząsteczkowej (500 kDa), mającym w około 60–70% strukturę  $\alpha$ -helisy i zawierającym sześć łańcuchów polipeptydowych: w tym dwa identyczne łańcuchy ciężkie HCM (każdy o masie ok. 220 kDa) i dwie pary łańcuchów lekkich (po ok. 20 kDa) LCM. Cała cząsteczka miozyny zawiera dwugłowy globularny region, który związany jest z długim helikalnym ogonem. Ogon zwany też pałeczką zbudowany jest z dwóch skręconych wzajemnie *superhelis*, które uczestniczą w tworzeniu filamentów grubych.

Miozyna posiada trzy ważne właściwości biologiczne:

- jest enzymem o aktywności ATP-azy,
- tworzy naturalne kompleksy z aktyną (aktomiozyna),
- cząsteczki miozyny reagują ze sobą, tworząc filamenty.

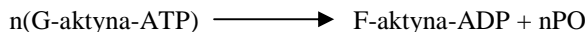
Miozyna łatwo ulega agregacji wskutek utleniania grup tiolowych. Dodatek kwasu etylenodiaminotetraoctowego (EDTA) i  $\beta$ -merkaptioetanolu może powstrzymać agregację miozyny. Miozyna może być rozczepiona przez trypsynę na funkcjonalne fragmenty, zwane lekką meromiozyną (LMM) o masie 150 kDa i ciężką meromiozyną (HMM) o masie 350 kDa. HMM katalizuje hydrolizę ATP, kompleksuje aktynę i nie tworzy filamentów, a LMM zachowuje cechy przeciwne, tzn. nie katalizuje hydrolizy ATP, nie ma zdolności kompleksowania aktyny i tworzy filamenty. HMM po dłuższej inkubacji z trypsyną może być przecięta na dalsze fragmenty S1 i S2. Fragment S1 zawiera region ATP-azowy, region

wiązania aktyny i dwa regiony wiązania łańcuchów lekkich. Subfragment S1 generuje siłę mechaniczną [48]. Subfragment S1 może mieć krytyczną rolę w funkcjonalności miozyny. Częsteczka miozyny zawiera duże ilości reszt kwasu asparaginowego i glutaminowego, co wskazuje, że w fizjologicznym pH jest częsteczką naładowaną ujemnie. Punkt izoelektryczny miozyny (pI) wynosi 5,3 i wpływa znacząco na wartość pI mięsa, które mieści się w granicach od 5,4 do 6,2. Częsteczki miozyny w roztworach o sile jonowej i pH odpowiadającym warunkom fizjologicznym łączą się ze sobą, tworząc filament, który zawiera od 200 do 400 cząsteczek. Wyróżnia się wiele izoform miozyny zależnie od gatunku, typu włókien i rodzaju mięśnia, które wpływają na różnice w fizykochemicznych i funkcjonalnych właściwościach pomiędzy mięśniami o szybkim skurczu (włókna białe, metabolizm beztlenowy) a mięśniami o powolnym skurczu (czerwone włókna, metabolizm tlenowy) [56]. Miozyna wyizolowana z włókien białych charakteryzuje się większą aktywnością enzymatyczną niż miozyna wyodrębniona z włókien czerwonych oraz zawiera metylohistydynę, specyficzną dla niej aminokwas. Zawartość tego aminokwasu jest zależna od rodzaju mięśnia i gatunku zwierzęcia (ptaka). Co najmniej cztery typy miozyny różniące się składem aminokwasowym są obecne w mięśniach kurcząt.

**Aktyna** jest drugim co do zawartości białkiem miofibryli i stanowi ponad 20% ich masy. Należy do białek kurczliwych włókna mięśniowego. Aktyna występuje u wszystkich eukariotów i jest składnikiem cienkich filamentów. W mięśniu występuje w formie spolimeryzowanej w postaci F-aktyny, formy fibrylarnej. W roztworach o niskiej sile jonowej aktyna występuje jako monomer o masie 42 kDa, w tzw. formie globularnej G-aktyna. Aktyna jest też ATP-azą, lecz nie wywołuje skurczu mięśnia, ale bierze udział w polimeryzacji i depolimeryzacji filamentu.

Cząsteczka G-aktyny tworzy pojedynczy łańcuch peptydowy o masie 42 kDa. Filament cienki w mięśniu składa się z ok. 400 cząsteczek aktyny. Spolimeryzowana aktyna (F-aktyna) tworzy dwa łańcuchy superhelisy o masie kilkunastu milionów daltonów. Cząsteczka aktyny zawiera 376 reszt aminokwasowych o wysokim udziale proliny i glicyny. Wysoki udział tych dwóch aminokwasów jest przypuszczalnie odpowiedzialny za strukturę  $\alpha$ -helisy i globularnego kształtu cząsteczki. Punkt izoelektryczny białka wynosi 4,8.

Natywna cząsteczka G-aktyny związana jest z jedną cząsteczką ATP i dwuwartościowym kationem, prawdopodobnie magnezem. Polimeryzacja G-aktyny zachodzi spontanicznie w obecności jonów  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ , w stężeniu ok.  $0,15 \text{ mol/dm}^3$ , katalizując jednocześnie defosforylację ATP:



W mięśniu filament aktynowy jest naturalnie powiązany z kompleksem tropomiozyny i troponiny (rys. 5.1). Aktyna zawiera też miejsce wiązania miozyny, co umożliwia tworzenie kompleksów z tym białkiem w czasie skurczu mięśni i w czasie stężenia pośmiertnego (*rigor mortis*) (patrz rozdz. 6).

**Aktomiozyna** jest formą kompleksu białkowego tworzącego się w czasie skurczu mięśnia. Po uboju zwierząt aktomiozyna powstaje w wyniku obniżenia poziomu ATP. Naturalny kompleks można ekstrahować z mięśni w stanie *post-rigor* i wtedy występują w nim inne białka, jak troponina, tropomiozyna czy  $\alpha$ -aktynina. *In vitro* w mieszaninie roztworów F-aktyny i miozyny tworzy się kompleks o masie kilkudziesięciu milionów daltonów i o wysokiej lepkości. Kompleks ten nie jest połączony wiązaniami kowalencyj-

nymi, ale elektrostatycznymi poprzez udział grup fosforowych. Dysocjacja kompleksu zachodzi w obecności ATP/ADP i jonów magnezowych. Rekonstruowana aktomiozyna wytworzona z obu składowych białek ma wiele cech biochemicznych i fizykochemicznych samej miozyny, m.in. ATP-azy, nie wykazuje natomiast cech F-aktyny. W mięśniach i *in vitro* kompleks aktomiozyny dysocjuje w obecności jonów  $Mg^{2+}$  i nieobecności  $Ca^{2+}$  przy stężeniu ATP co najmniej  $10^{-2}$  mmol/g mięśnia, a objawia się uplastycznieniem mięśnia lub zmniejszeniem lepkości roztworu. Natomiast w obecności jonów  $Mg^{2+}$  i  $Ca^{2+}$  następuje połączenie miozyny i aktyny przy równoczesnej defosforylacji ATP i kontrakcji mięśnia lub strąceniu osadu aktomiozyny w warunkach *in vitro* z roztworu.

Głównymi **białkami regulującymi** skurcz mięśnia są tropomiozyna i troponina, których ilość wynosi średnio 5%. Dodatkowo miofibryle zawierają inne białka występujące w mniejszej ilości, ale pełniące rolę w utrzymywaniu struktury filamentowej mięśni. Występują one w strukturze miofibryli, np. A-paśmie, I-paśmie i Z-dysku i są to:  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ -aktynina, C-, M-, H- i X- białka, paratropomiozyna i inne. Ich funkcja w żywej tkance nie zawsze jest sprecyzowana, a tym bardziej ich rola w jakości i funkcjonalności technologicznej mięsa jako żywności.

**Tropomiozyna** stanowi ok. 5% ilości białek miofibryli, jest cząsteczką o budowie asymetrycznej składającej się z dwóch podjednostek  $\alpha$  i  $\beta$  o masie cząsteczkowej 34 i 36 kDa i o strukturze  $\alpha$ -helikalnej skręconej w superhelisę o długości ok. 42 nm. Zawiera dużo kwasowych i zasadowych reszt aminokwasów i mało proliny. W warunkach fizjologicznych wiąże się z F-aktyną w stosunku stechiometrycznym 1:7 (G-aktyny) i troponiną T w stosunku 1:1 oraz reguluje aktywność ATP-azy miozynowej. Przesuwanie się tropomiozyny w fałdach aktynowych wskutek wiązania lub uwalniania jonów wapnia przez troponinę powoduje maskowanie lub odsłanianie aktywnego centrum aktyny uczestniczącego w wiązaniu miozyny. Przy maskowaniu centrum utworzenie kompleksu aktomiozyny jest niemożliwe. Tropomiozyna ma tendencje do polimeryzowania przez łączenie się z końcem cząsteczki. Charakteryzuje ją wysoka oporność na denaturację.

**Troponina** jest białkiem globularnym występującym w ilości ok. 5% miofibryli. Podobnie jak tropomiozyna występuje regularnie w brzdach filamentów aktynowych. Troponina jest białkiem kompleksowym składającym się z trzech podjednostek nazwanych C, I, i T, z powodu ich zdolności kolejno do wiązania jonów wapnia, inhibowania kontrakcji miozyny z aktyną oraz do wiązania się z tropomiozyną. Ilościowy stosunek molarny tych jednostek zależy od gatunkowego i rodzajowego pochodzenia mięśnia. Troponina C mające dużą ilość reszt kwaśnych aminokwasów zawiera 159 aminokwasów i ma masę cząsteczkową 17–18 kDa. Ma ona cztery miejsca wiązania jonów wapnia i zdolność wiązania z innymi podjednostkami w obecności tych jonów. Przyłączenie jonów wapnia wywołuje konformacyjne zmiany w troponinie C, co z kolei inicjuje regulacyjne działanie kompleksu troponina-tropomiozyna w skurczu mięśnia.

**Białko linii M** należy do pozostałych białek regulujących. W rejonie linii M, tj. środka pasma A, występują: białko M (*M-protein*) obok miomezyny i kinazy kreatyninowej. Białko M o masie molekularnej 185 kDa jest pojedynczym łańcuchem peptydowym. Główną funkcją białek linii M jest utrzymanie grubego filamentu w linii. Transmisyjna mikroskopia elektronowa ujawnia obecność dwóch strukturalnych komponentów w linii M w postaci filamentu równoległego do miofibryli (*M-filament*) oraz w postaci mostka poprzecznie położonego do miofibryli (*M-bridges*). Stąd sądzi się, że struktury

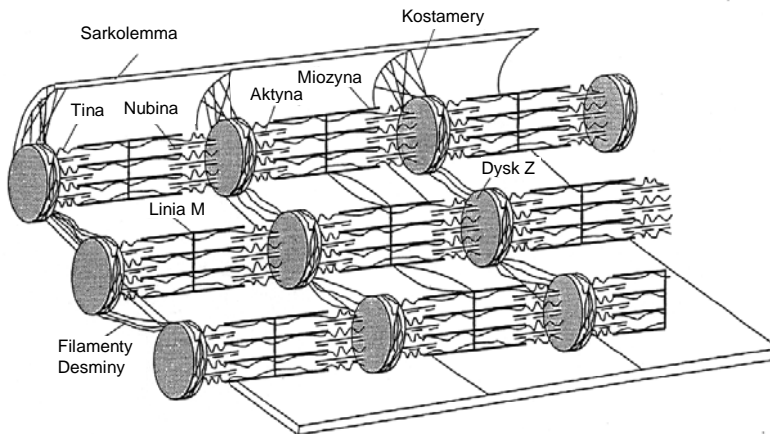
poprzeczne białka M (*M-bridges*) wiążą sąsiednie filamenty miozynowe i utrzymują je zarówno w linii, w szeregu tak poprzecznie jak i podłużnie.

**Białko C** występuje w grubych filamentach. Częsteczki tego białka spinają (opasują) cząsteczki miozyny w gruby filament. Na jeden filament przypada ok. 37 cząsteczek białka C [36]. Jeden pierścień białka C zawiera 3–5 cząsteczek. Białko C ma dużo (97,1%) aminokwasu proliny, co powoduje, że ma strukturę  $\alpha$ -helisy. Masa cząsteczkowa w zależności od gatunku zwierzęcia i rodzaju mięśnia wynosi od 135 do 150 kDa. Dekompozycja tego białka rozluźnia strukturę filamentu i ułatwia uwalnianie cząsteczek miozyny.

**$\alpha$ -Aktynina** jest głównym białkiem linii Z, stanowi ok. 2% masy białek miofibryli. Technika elektroforezy z SDS oznaczono jej masę molekularną wynoszącą 95 kDa. Białko to mocuje cienkie filamenty sąsiadujących sarkomerów w linii Z. Poubojowe uwalnianie się  $\alpha$ -aktyniny związane jest z dekompozycją linii Z oraz wzrostem kruchości mięsa.

## 5.2. Białka cytoszkieletowe

Postęp w badaniach ostatnich 25 lat nad budową mięśnia doprowadził do odkrycia innych białkowych struktur, zwanych cytoszkieletem lub *scaffold proteins*, tworzących dodatkowe filamenty miofibryli. Zgodnie z najnowszą wiedzą cytoszkielecik komórki mięśniowej (włókna mięśniowego) tworzą filamenty titinowe, nebulinowe, filamenty pośrednie oraz struktury podobłonowe, tzw. kostamery (rys. 5.2).



Rys. 5.2. Struktura włókna mięśniowego [51]

Ze względu na lokalizację w stosunku do miofibryli białka cytoszkieletowe można podzielić na wewnętrzne i zewnętrzne. Titina i nebulina tworzą szkielet wewnętrzny podporowy dla miozyny i aktyny. Szkielet zewnętrzny tworzą filamenty pośrednie, które zlokalizowane są na zewnątrz miofibryli i zbudowane są z takich białek jak: desmina, synemina i wimentyna. Ich zadaniem jest integrowanie i łączenie sąsiednich miofibryli na poziomie dysku Z. Inna grupa białek cytoszkieletowych, występująca również na zewnątrz miofibryli,

to białka podbłonowe, które tworzą struktury zwane kostamerami. Wśród nich wyróżnia się takie białka jak: winkulina, dystrofina, ankirylna, talina, spektryna. Białka te budują połączenia pomiędzy błoną komórkową a całym wewnętrznym układem powiązanych ze sobą miofibryli.

Wzdłuż filamentu grubego i cienkiego sarkomeru rozciąga się białko o najwyższej masie cząsteczkowej, które jako pierwszy zidentyfikował Maruyama i jego współpracownicy [30] i nazwał je konektyną [29]. Chociaż Maruyama pierwszy zidentyfikował to białko, to zespół Wanga w 1979 r. dokonał izolacji i oczyszczenia białka (oddzielenia od nebuliny) o tej samej lub podobnej masie z mięśni kręgowców i bezkręgowców, i nazwał je **titiną** od greckiego słowa „titan”, które oznacza ogromny, olbrzymi [53]. Stanowi ona 7–10% masy białek miofibrylarnych w mięsie kurcząt i królików, jest trzecim białkiem po miozynie i aktynie pod względem zawartości (tab. 5.1).

Tabela 5.1

Wykaz najważniejszych miofibrylarnych i cytoszkieletowych białek komórki mięśni szkieletowych [30, 41]

Białko	Lokalizacja w sarkomerze	Udział w białkach miofibrylarnych (%)	Przybliżona masa cząsteczkowa (kDa) (liczba podjednostek)
<b>Białka miofibrylarne</b>			
Miozyna	Filament gruby	45	520 (6)
Białko C	Filament gruby	2	130 (1)
Białko H	Filament gruby	<1	74 (1)
Aktyna	Filament cienki	20	42 (1)
Tropomiozyna	Filament cienki	5	66 (2)
Troponina	Filament cienki	5	69 (3)
Tropomodulina	Filament cienki	<1	41 (1)
Miomezyna	Linia M	1	185 (1)
Białko M	Linia M	2	165 (1)
Kinaza kreatyny	Linia M	<1	80 (2)
Skelemina	Linia M	<1	195 (1)
$\alpha$ -aktynina	Linia Z	2	204 (2)
$\beta$ -aktynina	Linia Z	<1	66 (2)
Zeugmatyna	Linia Z	<1	2000 (2)
<b>Białka cytoszkieletowe</b>			
Titina (konektyna)	Wzdłuż filamentu grubego i cienkiego (od linii Z do M)	10	2800 (1)
Nebulina	Wzdłuż filamentu cienkiego	4	800 (1)
Desmina	Filamenty pośrednie przy linii Z i kostamery	<1	212 (4)
Synemina	Filamenty pośrednie przy linii Z i kostamery	<1	460 (2)
Winkulina	Kostamery i filamenty pośrednie przy linii Z	<1	130
Wimentyna	Filamenty pośrednie przy linii Z	1	55



Spośród dotychczas odkrytych białek w przyrodzie titina ma największą masę cząsteczkową ok. 2800–3000 kDa. Za pomocą elektroforezy SDS-PAGE o niskim stężeniu poliakrylamidu wykryto dwie formy titiny. Pierwsza z nich odpowiada natywnej titinie T1 (lub  $\alpha$ ), druga T2 (lub  $\beta$ ) o masie 2200 kDa odpowiada zdegradowanej formie natywnej titiny [50, 51]. Badania fluorescencyjne położenia titiny w sarkomerze dowodzą, iż rozciąga się ona przez połowę długości sarkomeru, od linii M, w której zakotwiczone jest koniec C łańcucha titiny, do linii Z, gdzie położony jest koniec N, przez co tworzy ona trzeci filament w sarkomerze. Titina jest jedynym białkiem w sarkomerze, której jedna cząsteczka rozciąga się przez połowę sarkomeru, natomiast dwie cząsteczki umiejscowione po przeciwnych stronach linii M rozciągają się od jednej linii Z do następnej, obejmując cały sarkomer. Cząsteczka titiny ma długość ok. 1–1,25  $\mu\text{m}$  i średnicę ok. 4 nm [52]. Białko to ma kształt długiego ogona połączonego z globularną głową znajdującą się w jej C-końcu. Cząsteczka titiny w ok. 60% stanowi strukturę  $\beta$ -harmonijki i w około 30%  $\beta$ -skreću i w małym stopniu  $\alpha$ -heliksu [23]. Filamenty titiny posiadają zdolność wiązania się z pałeczkowatą częścią filamentu miozynowego, a także z białkiem C i prawdopodobnie z białkami linii M, jak miomezyną i białkiem M [25]. W obszarze prążka I – titina występuje w postaci niezwiązanej, stąd jej duża elastyczność w tym miejscu. *In situ* białko to jest bardzo podatne na działanie proteaz mięsa. Titina jest długą cząsteczką ok. 1  $\mu\text{m}$  i ma zdolność kilkakrotnego wydłużania się [9]. Z powodu małej rozpuszczalności i dużej podatności na proteolizę jej izolacja jest trudna. Przy użyciu rozpuszczalników denaturujących udało się to białko wyizolować [53]. Inne prace wskazują, że można wyizolować titinę w stanie niezdenaturowanym [22]. Jest białkiem rozciągającym się od linii Z do następnej linii Z, stąd jej rola polega na zapewnieniu integralności sarkomeru. Wiąże filament grubo do dysku Z i kontroluje pozycję filamentu grubego w centrum sarkomeru.

**Nebulina** została odkryta przez Wang'a i jego współpracowników w 1979 r. Pierwotnie obserwowano ją w postaci mglistego pasma pomiędzy prążkiem A a linią Z, co stało się inspiracją do nadania jej takiej nazwy (*nebulosus* – z łac. mglisty, mętny). Nebulina stanowi 3–4% wszystkich białek miofibrylarnych mięsa [53, 38]. Występuje tylko w mięśniach szkieletowych. Jest określona jako białko linii N zlokalizowanej blisko dysku Z. Nebulina tworzy filamenty nierozciągliwe zakotwiczone w linii Z przebiegającej wzdłuż filamentów aktynowych (rys. 5.2). Nebulina ma masę cząsteczkową w zakresie 600–900 kDa w zależności od gatunku zwierząt i rodzaju mięśnia. Długość filamentu nebulinowego wynosi podobnie jak dla titiny ok. 1  $\mu\text{m}$ , a jego średnica 1 nm [54]. Tworzy ona filament nierozciągliwy i jest najtrudniej rozpuszczalnym białkiem mięśniowym. Główną funkcją nebuliny w dojrzałym mięśniu jest stabilizacja i regulacja długości filamentów aktynowych, o czym świadczy ścisła współzależność długości filamentów aktynowych i filamentów nebulinowych. Białko to wiąże się z  $\alpha$ -aktyniną i F-aktyną, stąd wydaje się sensowne stwierdzenie, że nebulina pomaga również w umocowywaniu filamentu cienkiego do linii Z. Prawdopodobnie spełnia też ważną rolę w utrzymywaniu integralności sarkomeru w żywym mięśniu, a także istotną funkcję w jej utracie w mięśniu *post mortem*, w wyniku rozpadu połączeń linii Z z filamentem cienkim.

**Inne białka cytoszkieletu** komórkowego to białka filamentów pośrednich. W strukturach tych wyróżnia się takie białka, jak desmina, synemina i wimentyna. Średnica filamentów pośrednich oscyluje pomiędzy grubością filamentu grubego (15 nm) a filamentu cienkiego (6–7 nm) i wynosi 7–11 nm. Desmina jest głównym białkiem cytoszkieletu zewnętrznego, tworzącym sieć filamentów zwanych pośrednimi (rys. 5.2). Po raz pierwszy

została ona wyizolowana z mięśni gładkich przez Lazaridesa i Hubbarda [26], którzy nazwali tak to białko od greckiego słowa „desmos”, tzn. łączyć, wiązać. Small i Sobieszek [46] również wyizolowali desminę i nazwali ją skieletyną. Masa cząsteczkowa desminy wynosi 52–55 kDa, a w mięsie kurcząt 53 kDa [51]. Filamenty pośrednie tworzą sieć, które otacza promieniście dysk Z i rozchodzi się od niego prostopadle do włókna mięśniowego, łącząc ze sobą sąsiadujące dyski Z.

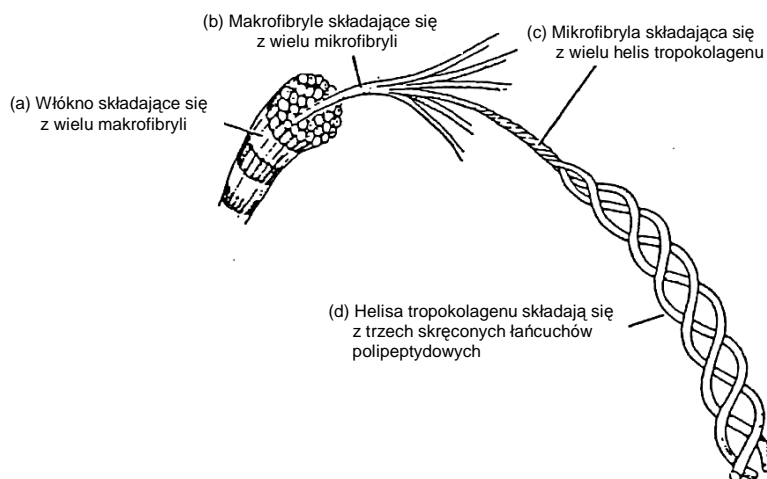
Powiązanie miofibryli z sarkolemmą mięśni szkieletowych przebiega na poziomie peryferyjnych dysków Z. W skład tych podbłonowych połączeń wchodzi takie białka, jak: talina, winkulina, spektryna, ankiryne i acykulina. Białka te tworzą struktury zwane kostamerami. Winkulina została odkryta przez Geigera w 1979 r. [6] jako zanieczyszczenie podczas izolacji  $\alpha$ -aktyniny. Nadał on białku tę nazwę od łacińskiego słowa *vinculum*, znaczącego wiązać, łączyć. Winkulinę zaobserwowano w mięśniach szkieletowych gładkich i mięśniu sercowym. Jej masa cząsteczkowa z mięśni szkieletowych kurcząt wynosi 126 kDa [51].

Wszystkie przedstawione białka cytoszkieletowe, tj. titina, nebulina, desmina i winkulina, ulegają degradacji w okresie poubojowego przechowywania mięśni kurcząt w temp. 4°C. Zaobserwowano, że proces fragmentacji titiny, nebuliny i desminy rozpoczyna się w mięsie kurcząt już w pierwszych godzinach po uboju. Największą dynamiką zmian degradacyjnych charakteryzuje się nebulina i desmina. Procesy degradacyjne białek cytoszkieletowych pokrywają się z okresem kształtowania się kruchości, tj. w mięśniu piersiowym w czasie 24 h *post mortem*, a w udowym w okresie 48 h *post mortem*. Z badań wynika, że wzrost kruchości i indeksu fragmentacji miofibryli mięsa kurcząt przechowywanego w temp. 4°C idzie w parze z procesem degradacji cytoszkieletowych białek, tworzących struktury zarówno wzdłuż sarkomeru (titina, nebulina), jak i w poprzek sarkomeru – desmina, winkulina [8, 17].

### 5.3. Białka tkanki łącznej (stromy)

W mięśniach szkieletowych tkanka łączna występuje w postaci grubej warstwy tkanki łącznej zwanej omięsną zewnętrzną (*epimysium*, *perimysium externum*). Poszczególne wiązki włókien wewnątrz mięśnia otoczone są cieńszą warstwą omięsnej wewnętrznej (*perimysium internum*). Pojedyncze włókno mięśniowe otoczone jest z zewnątrz jeszcze cieńszą błoną tkanki łącznej, zwaną śródmięsną lub omięsną własną (*endomysium*). Każda z tych tkanek różni się odmiennym udziałem białek łącznotkankowych, ale również średnicą włókien i przestrzennym ułożeniem. Spośród białek łącznotkankowych do najważniejszych w mięśniu należą kolagen, elastyna oraz lipoproteiny membran komórkowych, w tym retikulina (*sarcoplasmic reticulum*). Wszystkie one mają budowę włóknistą. Spośród nich w większości tkanek przeważa ilościowo kolagen, który buduje włókna kolagenowe charakteryzujące się właściwościami klejodajnymi. Białka łącznotkankowe nazywane są także białkami stromy.

**Kolagen.** Występuje on w znacznych ilościach w tkance podporowej i łącznej w postaci włókienek o poprzecznym prążkowaniu, widocznym w mikroskopie elektronowym (rys. 5.3).



Rys. 5.3. Struktura włókna kolagenu [17]

Jest syntetyzowany przez komórki w fibroblastach w postaci włókienek prokolagenu, które są modyfikowane do włókien tropokolagenowych. Siatka kolagenowa tkanki łącznej tworzy się w katalizowanym przez enzym lizylo-oksydazę procesie tworzenia wiązań krzyżowych pomiędzy cząsteczkami tropokolagenu.

Kolagen stanowi 20–30% wszystkich białek organizmu, przy czym ponad połowa jego ilości występuje w skórze. Udział kolagenu w mięsie świń wynosi ok. 16%, w mięsie bydła ok. 13%, natomiast u drobiu 2,5% w mięśniach piersiowych i 6,5% w mięśniach udowych, a w mięśniach ryb jest jeszcze mniejszy i wynosi od 0,2 do 2%. Udział kolagenu w ogólnej zawartości białka zależy od wielu czynników, jak np. wieku i gatunku. Zawartość kolagenu u drobiu zmienia się jednocześnie z wiekiem, przy czym w mięśniach piersiowych obserwuje się obniżenie jego zawartości, natomiast w mięśniach udowych wzrost (tab. 5.2).

Tabela 5.2

Zawartość kolagenu w mięsie kurcząt broilerów w zależności od wieku [35]

Wiek (tygodnie)	Masa mięśni (g)	Zawartość kolagenu (mg /g sm)
Mięśnie piersiowe		
8	113	8,7
10	145	8,0
12	196	8,7
14	261	6,6
16	319	7,3
Mięśnie udowe		
8	105	16,1
10	131	16,5
12	184	16,1
14	224	16,7
16	276	17,4

Tropokolagen ma masę molekularną ok. 300 kDa i stanowi helikalnie skręcone 3 łańcuchy polipeptydowe stabilizowane wiązaniami wodorowymi. Punkt izoelektryczny kolagenu wynosi 7,0–7,8. Skład aminokwasowy kolagenu odbiega od składu innych białek, gdyż w jego budowie występuje hydroksyprolina (ok. 10%) i hydroksylizyna, aminokwasy nie występujące w innych białkach. Ponadto dużą ilość stanowi glicyna (ok. 30%), prolina (ok. 12%) i alanina (ok. 10%), stosunkowo mało jest aminokwasów siarkowych i brak tryptofanu. Zawartość hydroksyproliny jest różna, w zależności od genetycznego typu kolagenu, gatunku zwierzęcia i rodzaju tkanki. Kolagen można zaliczyć również do glikoproteidów, gdyż zawiera małe ilości cukrów galaktozy i glukozy. Podstawową jednostkę kolagenu stanowią trzy lewoskrętne łańcuchy polipeptydowe, tzw. składniki  $\alpha$ , splecione spiralnie za pomocą licznych wiązań wodorowych, w tworzeniu których biorą udział m.in. grupy hydroksylowe hydroksyproliny. Z połączenia trzech łańcuchów  $\alpha$  powstaje monomeryna prawoskrętna superhelisa tworząca cząsteczkę tropokolagenu. Łańcuchy polipeptydowe kolagenu zbudowane są z tripeptydowych segmentów Gly –X–Y, gdzie w wielu przypadkach X stanowi prolina a Y hydroksyprolina. Kolagen nie jest białkiem jednorodnym. Dotychczas wyodrębniono ponad 20 genetycznych typów kolagenu oznaczonych jako I, II, III, IV etc. [40]. Tropokolagen może być homotrimerem, tzn. zbudowany jest z identycznych składników ( $\alpha 1$ )<sub>3</sub>, heterotrimerem zawierającym różne składniki np. ( $\alpha 1$ )<sub>2</sub> i  $\alpha 2$  lub  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\alpha 3$ . Na przykład, pośród błon łącznotkankowych mięśni szkieletowych *epimysium* zawiera przewagę kolagenu genetycznego typu I, *perymysium* typu I i III a *endomysium* typ IV i V [4]. Cząsteczki tropokolagenu na obu końcach mają fragment globularny, zwany telopeptydem. W utrzymaniu konformacji cząsteczki uczestniczą oddziaływania hydrofobowe i elektrostatyczne oraz wiązania wodorowe pomiędzy łańcuchami  $\alpha$  tworzącymi superhelisę. W miarę starzenia się zwierząt i ptaków kolagen ulega zmianom, tworzą się poprzeczne wiązania kowalencyjne wewnątrz- i międzycząsteczkowe, zwiększające stabilność struktury [17].

Włókna kolagenowe są giętkie, ale i odporne na działanie czynników mechanicznych. Cechują się stosunkowo niewielką rozciągliwością (do 20%). Występują w postaci pasm o szerokości 20–200  $\mu\text{m}$ , przebiegających w zbieżnych lub krzyżujących się kierunkach. Włókna kolagenowe, których grubość może wynosić 1–12  $\mu\text{m}$ , składają się z fibryli o średnicy 0,3–0,5  $\mu\text{m}$ . W zależności od wieku zwierzęcia cechuje je zróżnicowana rozpuszczalność w gorącej wodzie. Kolagen z tkanek dojrzałych zwierząt jest prawie nierozpuszczalny. W zależności od dojrzałości fizjologicznej kolagenu można go częściowo rozpuścić w roztworach soli obojętnych, w roztworach kwasów i zasad. Ogrzewanie kolagenu w wodzie powoduje jego przemianę, tj. utworzenie roztworu koloidalnego o wysokiej lepkości i właściwościach żelujących. Kolagen ma niską podatność na hydrolizę, jest odporny na trawienie trypsyną i chemotrypsyną, ulega trawieniu tylko przy udziale pepsyny i kolagenazy. Silnie usieciowany kolagen jest nieznacznie podatny na enzymatyczną hydrolizę, dopiero kolagen zdenaturowany cieplnie łatwo ulega działaniu proteaz. Ogrzewany w wodzie kolagen ulega koagulacji i denaturacji, przy czym włókna stopniowo deformują się i kurczą do 1/3–1/4 pierwotnej długości. Przy dłuższym ogrzewaniu w temperaturze powyżej 65°C kolagen pęcznieje i rozpuszcza się w stopniu zależnym od jego dojrzałości, przechodząc w żelatynę. Przemiany termiczne kolagenu bada się techniką różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) za pomocą parametru temperatury skurczu kolagenu  $T_s$ , która mieści się w przedziale 22–27°C, oraz dzięki temperaturze denaturacji wynoszącej dla

kolagenu ssaków ok. 65°C, natomiast dla kolagenu ze ścięgna, *epimysium* i skóry kur wynoszą odpowiednio 69,9°C, 72°C i 69,4°C [16].

W przypadku mięsa osobników dojrzałych i starych kolagen odgrywa najważniejszą rolę w kształtowaniu tekstury. Mięśnie są otoczone przez błonę zbudowaną z tkanki łącznej, tzw. *epimysium* bogatej w kolagen. Kruchosc mięsa po obróbce cieplnej ze zwierząt tego samego gatunku w różnym wieku może różnić się, ma to ścisły związek ze stopniem dojrzałości kolagenu i jego zdolnością do rozpuszczania się, a nie z jego ilością. Dla porównania, siła cięcia dla mięśni zewnętrznych *Musculus gastrocnemius* z kur w wieku 1,5 roku wynosiła 63 N/cm<sup>2</sup> a z kurcząt w wieku 6 tygodni – 7 N/cm<sup>2</sup> [19]. Istnieje ścisła zależność pomiędzy zawartością kolagenu i elastyny a jakością sensoryczną mięsa [32].

**Włókna elastynowe** są znacznie cieńsze niż kolagenowe, ale bardziej sprężyste, mają grubość 0,2–1,0 μm. Nie łączą się w pasma, występują głównie pojedynczo. Tworzą elastyczną sieć, niezbyt odporną na rozrywanie. Elastyna jest głównym składnikiem białkowym ścięgien i wiązadeł mięśniowych oraz ścian dużych tętnic. W tkance łącznej mięśni stanowi nie więcej niż 5% składników fibrylarnych, w stosunku do wszystkich białek mięsa jej ilość ocenia się na 1%. Cząsteczka tropoelastyny, tzn. nieusieciowanej postaci elastyny składa się z 850–870 reszt aminokwasów i ma masę 72–74 kDa. Udział glicyny, proliny i alaniny stanowi ok. 60% ilości wszystkich aminokwasów i podobnie jak kolagen nie zawiera tryptofanu. Elastyna nie ulega trawieniu przez kolagenazę, pepsynę, tripsynę i chemotrypsynę, natomiast ulega hydrolizie w obecności ficyny, papainy, bromeliny i elastazy z trzustki. Podczas gdy kolagen ma regularną helikalną strukturę, elastyna cechuje się strukturą nieuporządkowaną [56]. Zawiera ona desmoczynę i izodesmoczynę, które są cyklicznymi związkami powstałymi z połączenia czterech reszt lizyny. Jednocześnie z wiekiem zwierzęcia wzrasta ilość wiązań desmoczynowych i zachodzi proces sztywnienia błon elastynowych. Wysoka hydrofobowość i usieciowanie czyni elastynę bardzo stabilną i słabo rozpuszczalną. Można ją oddzielić od innych białek mięsa, gdyż elastyny nie rozpuszcza ani woda o temp. 100°C, ani gorący roztwór NaOH.

## 5.4. Białka sarkoplazmatyczne i enzymy

Białka sarkoplazmatyczne to grupa albumin rozpuszczalnych w wodzie lub roztworach soli o niskiej sile jonowej (<50mM). Stanowią one 30–35% wszystkich białek mięśniowych. W stadium embrionalnym jest szczególnie wysoki poziom białek sarkoplazmatycznych (70%), który obniża się wraz z dojrzewaniem zwierząt, a wzrasta wówczas udział białek miofibrylarnych. Białka sarkoplazmatyczne mogą być rozdzielone pod względem stałej sedymentacji na cztery grupy: związane z kwasami nukleinowymi, mitochondrialne, mikrosomalne i frakcja cytoplazmatyczna [56]. Jest znanych i zidentyfikowanych ok. 200 różnych białek, z których większość to enzymy zaangażowane w metabolizm energetyczny mięśnia, np. glikolizy (tab. 5.3).

Enzymy glikolityczne mogą stanowić ok. 70% ogólnej masy białek sarkoplazmatycznych, obecne są też enzymy katabolizmu glikogenu i innych polisacharydów, jak β-glukouronidaza odszczepiająca fragmenty kolagenu i β-N-acetyloheksosaminidaza [44]. Wśród enzymów glikolitycznych w stosunkowo dużych ilościach występują aldolazy i dehydrogenaza 3-fosforanowa aldehydu glicerynowego. Pomimo dużej różnorodności białka tej frakcji mają szereg wspólnych cech, jak: stosunkowo niska masa, wysokie pH

punktu izoelektrycznego, globularna struktura. Istotne znaczenie w mięsie ze względu na kształtowanie cech sensorycznych mają przede wszystkim hydrolazy, a także oksydoreduktazy i transferazy. Wśród tych ostatnich znajduje się oksydaza polifenolowa, lipooksygenazy, peroksydaza, katalazy, oksydogenaza mleczanowa. Enzymy proteolityczne frakcji białek sarkoplazmatycznych pochodzą przede wszystkim z lizosomów. Wśród enzymów hydrolitycznych szczególne znaczenie w procesach poubojowego dojrzewania mięsa mają **proteiny**.

Tabela 5.3

Główne enzymy sarkoplazmatyczne [17]

Nazwa	Masa cząst. kDa	Ilość łańcuchów polipeptydowych	Zawartość (g/100 g)	Punkt izoelektryczny
Dehydrogenaza glicerolo 3- fosforanowa	143	4	1,2	8.5
Aldolaza	157	4	0,6	9.5
Kinaza kreatynowa	86	2	0,5	6.4
Enolaza	82	2	0,5	8.8
Dehydrogenaza mleczanowa	146	4	0,4	8.6
Kinaza pirogronowa	231	4	0,3	8.5
Fosforylaza	194	2	0,25	6.3
Izomeraza triozyfosforanowa	53	2	0,2	7.0
Fosfogliceromutaza	58	2	0,1	6.2
Izomeraza glukozofosforanowa	132	2	0,1	–
Fosfofruktokinaza	320	4	0,1	–

Większość endogennych enzymów proteolitycznych tkanki mięśniowej rozpuszczonych jest w cytozolu i zwane są one **proteiny** sarkoplazmatycznymi. Obecne w plazmie mięśniowej aktywatory i inhibitory regulują aktywność proteiny. Proteiny klasyfikuje się w pięciu grupach w zależności od mechanizmu katalitycznego centrów aktywności enzymów. Klasy enzymów są następujące [17]:

- proteiny seryny (EC 3.4.21), jak trypsyna, chymotrypsyna,
- proteiny cysteiny (EC 3.4.22), jak katepsyny B,H,L i kalpainy,
- proteiny aspartylowe (EC 3.4.23) (kwasu aminobursztynowego), jak pepsyna, renina, katepsyna D,
- metaloproteiny (EC 3.4.24), jak kolagenoaza,
- niesklasyfikowane proteiny (EC 3.4.99).

W oparciu o optymalne pH działania proteiny można je podzielić na 3 grupy: alkaliczne, neutralne i kwaśne. Alkaliczne proteiny są ważne w metabolizmie białek żyjącego zwierzęcia/ptaka, lecz te enzymy można pominąć, gdyż optimum pH ich działania jest zdecydowanie zbyt wysokie w porównaniu z pH mięsa.

Do najważniejszych proteiny mięsa zaliczamy **kalpainy**, należące do grupy proteaz cysteinowych (EC 3.4.22.17). Są one aktywowane jonami wapnia i znane w literaturze jako: czynnik aktywowany wapniem (CAF), proteiny obojętne aktywowane wapniem (CANP) i proteiny zależne od  $\text{Ca}^{+2}$  (CAP). Kalpainy wymagają jonów wapnia i grup  $-\text{SH}$

dla ich aktywacji. Kolejność wymywania kalpain z kolumny wypełnionej DEAE – celulozą przy pH 7,5 była przyczyną nazwania ich kalpainą I i II. Te dwa izoenzymy nazwano  $\mu$ -kalpainą i m-kalpainą, w zależności od poziomu koncentracji jonów wapnia potrzebnych do ich uaktywnienia [49]. Kalpainsy składają się z 2 podjednostek: lekkiej o masie 28 kD i ciężkiej 80 kD, tworząc heterodimer białkowy o łącznej masie ok. 140 kD. Lekkie łańcuchy obu form  $\mu$ - i m-kalpain są identyczne, natomiast odmienne są łańcuchy ciężkie. Proteaza jest czuła na degradacje autolityczne. Zautolizowana postać  $\mu$ -kalpainsy składa się z 76 i 18 kD jednostek, natomiast podjednostki 78 i 18 kD tworzą m-kalpainę. System kalpain składa się z dobrze udowodnionych trzech jednostek:  $\mu$ - i m-kalpain oraz inhibitora proteiny kalpastatyny (tab. 5.4).

Tabela 5.4

Charakterystyka ważnych proteaz mięśniowych [17]

System enzymatyczny	Czynnik regulacyjny	Optimum pH	Lokalizacja	Białka hydrolizowane
KALPAINY $\mu$ – kalpain m – kalpain kalpastatyna	Ca <sup>+2</sup> , pH, fosfolipidy aktywatory	7,5	Cytozol	Białka linii Z, troponina T, nebulina, titina, desmina
KATEPSYNY  Katepsyna B D H L  Multikatalityczna proteinaza (MCP)	uwalnianie z lizosomów inhibitory  pH, inhibitory	4,0 – 6,0  7,5 – 8,0	Lizosomy  Cytozol	Białka miofibrylarne  Białka miofibrylarne o niższej masie cząsteczkowej. Białka miofibrylarne o wyższej masie cząsteczkowej  MHCH, $\alpha$ - aktynina, aktyna, troponina T, troponina I

$\mu$ -kalpain wymaga 1–30  $\mu\text{M}$  Ca<sup>+2</sup>, podczas gdy m-kalpain wymaga 250–750  $\mu\text{M}$  Ca<sup>+2</sup> do uzyskania połowy maksymalnej aktywności ( $1/2V_{\text{max}}$ ). Trzecia proteinaza potrzebuje 3000–4000  $\mu\text{M}$  Ca<sup>+2</sup> do  $1/2V_{\text{max}}$  i została zidentyfikowana w mięśniach szkieletowych drobiu [55]. Również w obecności jonów Ca<sup>+2</sup>, w koncentracji wystarczającej do aktywowania kalpain, kalpastatyna hamuje aktywność proteolityczną w wyniku tworzenia kompleksu z kalpainami. Kalpastatyny występują w tkankach w stężeniach wystarczających do efektywnego wyhamowania całej aktywności kalpain. Opracowano kilka modeli mechanizmu działania kalpastatyn [56]. Kalpainsy są zlokalizowane w miofibrylach oraz w cytozolu, a głównie w linii Z. Ustalono, że 66%  $\mu$ -kalpainsy jest obecne w linii Z, a 20% w pasmie I oraz 14% w pasmie-A. Z kolei m-kalpain występuje w ok. 52% w linii Z, w ilości ok. 27% w pasmie I i w ilości 21% w pasmie A [24].

**Katepsyny**, czyli kwaśne proteazy, są zlokalizowane w lizosomach. Z tkanki mięśniowej wyizolowano szereg katepsyn oznaczonych jako A, B, C, D, H i L [34]. Katepsyny

są najbardziej aktywne w zakresie pH od 3 do 6 i w podwyższonej temperaturze. Typy A i C katepsyn nie degradują natywnych białek i długich łańcuchów polipeptydowych, ponieważ należą one do odpowiednio karboksy- i aminopeptydaz. Typy B, D, H i L degradują białka izolowanych miofibrili (tab. 5.4). Wszystkie one degradują miozynę i aktynę. Jednakże w czasie dojrzewania mięsa w temperaturze 2–4°C miozyna i aktyna nie ulegają degradacji. Dodatkowo katepsyna L degraduje ciężkie łańcuchy miozyny,  $\alpha$ -aktyniny, aktyny, troponiny T i troponiny I. Katepsyna D degraduje wysokocząsteczkowe białka miofibrili. Z kolei katepsyna B ma większe powinowactwo do cięcia niżej cząsteczkowych białek miofibrilarnych. Katepsyna H ma mniejszy wpływ na proteolityczne zmiany miofibrili. Wszystkie proteazy cysteinowe (typy B, H i L) mają wewnątrzkomórkowe inhibitory, zwane cysteinami. Większość inhibitorów to niskomolekularne polipeptydy cytoplazmatyczne. W momencie ich uwalniania cystatyny przypuszczalnie chronią komórki przed nieodpowiednią proteolizą przez enzymy lizosomalne [39].

## Chromoproteiny

Tkanka mięśniowa zawiera także białka będące barwnikami, do których należą mioglobina, hemoglobina, cytochromy i hemocjaniny. Mioglobina i hemoglobina są chyba najważniejszymi białkami sarkoplazmy, bowiem odpowiadają za barwę mięsa, przy czym mioglobina (Mb) jest barwnikiem występującym w tkance mięśniowej, natomiast hemoglobina (Hb) to głównie białko krwi, w mięśniu występuje w znacznie mniejszych ilościach. Zawartość ich w mięsie zależy od gatunku i rodzaju mięśnia, typu włókna mięśniowego, intensywności pracy mięśnia, ale także od wieku, płci i diety oraz od stopnia wykrwawienia po uboju. W tabeli 5.5 podano zawartość barwników hemowych w mięsie zwierząt, ptaków i ryb.

Z danych wynika, że najwięcej barwników jest w mięsie bydlęcym i strusia, mniej w mięsie drobiu grzebiącego, szczególnie mało w mięśniach piersiowych, a najmniej w jasnych mięśniach ryb. Poziom Hb w mięsie zależy od prawidłowości procesu wykrwawiania i średnio wynosi od 20 do 30% ogólnej ilości barwników. Zarówno Mb, jak i Hb należą do białek złożonych – chromoproteidów. Ich grupą prostetyczną jest hem – kompleks porfiryny z żelazem, a komponentem białkowym jest globina o dużej zawartości aminokwasów zasadowych. Oba białka zawierają silnie związany hem z umieszczonym centralnie atomem żelaza, który występuje w formie jonu żelaza (II) lub żelaza (III). Masa cząsteczkowa mioglobiny wynosi 17 kDa, a hemoglobiny 68 kDa. W Mb na jedną cząsteczkę globiny przypada jedna cząsteczka hemu i jeden atom żelaza, natomiast w cząsteczce Hb cztery cząsteczki hemu i cztery atomy żelaza. Główna rola mio- i hemoglobiny w żywej tkance i organizmie polega na przyłączaniu i przenoszeniu tlenu. Pojedynczy łańcuch Mb składa się ze 153 reszt aminokwasowych, a struktura białka jest silnie upakowana. Około 75% łańcucha polipeptydowego występuje w konformacji  $\alpha$ -helisy. Hem usytuowany w niepolarnym zagłębieniu cząsteczki, chroniącym ją przed utlenianiem do formy żelaza (III), zbudowany jest z czterech podstawionych pierścieni pirolowych, połączonych między sobą mostkami metioninowymi oraz za pośrednictwem wiązań koordynacyjnych z centralnie ułożonym jodem  $Fe^{2+}$ . Piątą pozycję koordynacyjną atomu żelaza zajmuje atom azotu łańcucha bocznego histydyny, pochodzący od komponentu białkowego globiny. Szósta pozycja po przeciwnej stronie płaszczyzny hemu stanowi miejsce wiązania tlenu. Mioglobina może występować w trzech formach fizjologicznych (rys. 5.4): nieutlenowanej, utlenowanej i żelazowej (*ferrimioglobina*).

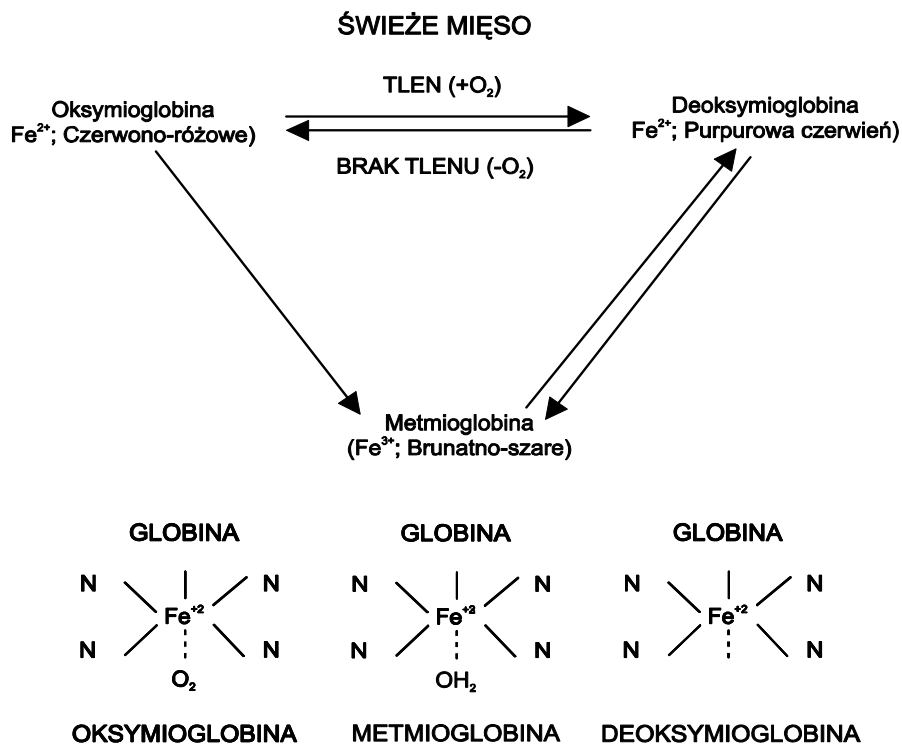


Tabela 5.5

Zawartość barwników w mięsie różnych zwierząt rzeźnych, drobiu i ryb [18]

Gatunek	Zawartość barwników (mg/g)	Gatunek	Zawartość barwników (mg/g)
Wieprzowina normalne	1,1	Kurczęta mięśnie piersiowe	0,5
PSE	1,0	mięśnie udowe	1,8
DFD	1,1	Indyki mięśnie piersiowe	0,6
Wołowina normalne	4,2	mięśnie udowe	2,7
DFD	3,9	Kaczki mięśnie piersiowe	4,5
wysoki poziom barwników	7,0	mięśnie udowe	3,6
Cielęcina normalne	1,4	Strusie mięśnie udowe	5,5–9,1
wysoki poziom barwników	4,8	Ryby makrela, jasne mięso	0,1
Baranina wiek 2 miesiące	1,6	makrela, ciemne mięso	9,8
wiek 9 miesiące	3,5		
wiek 2 lata	6,8		

Konformacje tych form są do siebie podobne, a różnica dotyczy obsadzenia szóstej pozycji koordynacyjnej. W Mb nieutlenowanej miejsce to nie jest obsadzone, w utlenowanej zajęte jest przez tlen, a w ferrimioglobinie miejsce to zajmuje woda [17]. W zależności od wartościowości żelaza w hemie, rodzaju ligandu i zmian w cząsteczce białka mioglobina ulega przemianom chemicznym prowadzącym do zmiany barwy. Krytyczne znaczenie ma dostępność tlenu i światła w tkankach. Tlen dołącza się do jonu  $Fe^{2+}$ , nie utleniając go. Po przyłączeniu tlenu mioglobina ulega utlenowaniu, żelazo pozostaje nadal dwuwartościowe, a powstająca oksymioglobina  $MbO_2$  jest jasnoczerwona o pożądanym odcieniu charakterystycznym dla mięsa pakowanego w modyfikowanej atmosferze. W środowisku beztlenowym oksymioglobina redukuje się do postaci beztlenowej (deoksymioglobiny). Mięso pakowane w próżni charakteryzuje się barwą purpurowo-czerwoną. W reakcji utleniania żelazo II utlenia się do żelaza III, hem przekształca się w hematynę o barwie brunatnobrazowej. Proces ten zachodzi podczas gotowania mięsa, powstaje wówczas metmioglobina o barwie brunatnoszarej. Wówczas atom żelaza ma cząsteczkę  $H_2O$  przyłączoną w pozycji sześć. Ta ostatnia zmiana tworzy się stopniowo w pierwszej kolejności na powierzchni, a potem wnika w głąb tkanki.



Rys. 5.4. Schemat przemian tlenowych i barwy mioglobiny [17]

## 5.5. Właściwości funkcjonalne białek mięsa

Białka stanowią główny składnik funkcjonalny mięsa, kształtują bowiem jego teksturę, właściwości sensoryczne i żywieniowe. O fizykochemicznych właściwościach białek decydują: struktura, wielkość i kształt cząsteczki, reszty aminokwasów, rozkład ładunków elektrostatycznych, hydrofobowość i hydrofilność, jak również zawartość grup sulfhydrylowych.

Szczególne znaczenie w kształtowaniu funkcjonalnych cech mięsa i jego przetworów, zwłaszcza mięsa niskokolagenowego, jakim jest mięso drobiowe, przypisuje się białkom miofibrylarnym.

Białka miofibrylarne odpowiedzialne są w 50–100% za kruchość, w 90% za wodochłonność, w 75–90% za właściwości emulgujące i w 70% za wartość biologiczną mięsa [7].

Pod pojęciem **właściwości funkcjonalnych** mięsa należy rozumieć **kompleks cech, najczęściej fizykochemicznych, od których zależy zachowanie się surowca lub produktu w czasie przechowywania, przetwarzania i konsumowania**. Właściwości te determinują cechy jakościowe i organoleptyczne gotowego produktu [15].

Znajomość funkcji poszczególnych składników mięsa drobiowego daje możliwość świadomego oddziaływania na składniki mięsa celem uzyskania produktu o pożądanej

jakości. Białka włóknikowe, a zwłaszcza miozyna i aktyna, ich ilość i stan fizykochemiczny decydują o wodochłonności i pęczliwości mięsa [11], właściwościach emulgujących, ciepłym żelowaniu [2] oraz zdolnościach wiążących i spajających [41]. Białkom miofibrilarnym przypisuje się największą rolę również w tworzeniu matrycy białkowej w produktach z mięsa rozdrobnionego oraz w profilowaniu właściwości reologicznych rozdrobnionych systemów mięsnych. Cechy te silnie korelują z soczystością, ogólną pożądalnością i smakowitością wyrobów.

**Funkcjonalność technologiczną mięsa można rozpatrywać w ramach trzech rodzajów interakcji białek miofibryli:**

- **białko – woda,**
- **białko – tłuszcz,**
- **białko – białko.**

Interakcja z wodą – hydratacja kształtuje rozpuszczalność, lepkość i żelowanie białek. Sposób oddziaływania układu białko – woda jest wynikiem wielkości powierzchni białka dostępnej do oddziaływania. Rozpuszczalność białek mięśniowych można traktować jako cechę funkcjonalną, gdyż od stanu ich rozpuszczenia zależy wiązanie, kohezja, emulgowanie i żelowanie. Rozpuszczalność zmienia się podobnie jak inne cechy funkcjonalne przy zmianie pH, koncentracji jonów i temperatury.

Wszystkie cechy funkcjonalne mięsa zależą proporcjonalnie od stężenia białek miofibryli w układzie mięśniowym. Zakres aktywnego wpływu białek miofibrilarnych (kompleksu aktomiozyny) na funkcjonalność mięsa drobiowego wynika z ilości dostępnych aktywnych miejsc, powierzchni i przestrzeni dla interakcji białko – woda, białko – tłuszcz, białko – białko [15]. Efekt ten może być zwiększony przez przyrost ilości białek miofibryli, ograniczenie wzajemnego oddziaływania miozyny i aktyny, zwiększenie ładunku elektrostatycznego białek, możliwości ich przejścia w stan rozpuszczalny, jak również umiarkowanej ich degradacji. Interakcje z wodą, tłuszczem lub innymi białkami, w tym samym układzie, mogą być konkurencyjne. Pomimo iż frakcja miofibryli zawiera do 20 różnych białek, utrzymuje się, że przede wszystkim miozyna odgrywa najważniejszą rolę we wszystkich funkcjonalnych właściwościach mięsa. Jest to warunkowane tym, że miozyna:

- stanowi ok. 45% wszystkich białek mięśniowych,
- kształt jej cząsteczki charakteryzuje wysoki stosunek długości do średnicy,
- zawiera dużą ilość grup – SH,
- jest rozpuszczalna w 3–5% NaCl,
- „głowy” cząsteczek miozyny mają unikalną zdolność hydrofobową [33].

Poznano dobrze właściwości funkcjonalne białek, ustalone w badaniach modelowych na oczyszczonych białkach lub ich mieszaninach w kontrolowanych warunkach. To z kolei utrudnia prawidłowe wnioskowanie o ich zachowaniu w technologicznych układach tkanki mięśniowej lub farszu. Uważa się, że można przewidywać właściwości funkcjonalne przy użyciu analizy regresji wielokrotnej, dysponując znajomością rozpuszczalności białek, zawartością grup sulfhydrylowych i hydrofobowością [27].

## **Wodochłonność mięsa**

Wodochłonność (*water holding capa city* – *WHC*) należy rozumieć jako zdolność mięsa do utrzymywania wody własnej i dodanej, nawet przy działaniu ciśnienia czy ogrzewaniu. Pęczliwość mięśni (miofibryli) określa się jako przyrost objętości i masy po wchłonięciu wody.

Wskazuje się, że WHC w mięsie zależy od zmian w stopniu napęcznienia miofibryli względnie ich skrócenia (skurczenia), co powoduje obniżenie zdolności utrzymywania wody np. w czasie stężenia poubojowego, a następnie utratę wody w czasie ogrzewania mięsa. Wodochłonność mięsa zależy też od zmian w objętości miofibryli, kształtowanych obecnością NaCl, fosforanów i wartością pH. Miozyna wchodzi w interakcję typu białko – białko w czasie ogrzewania i jest składnikiem odpowiedzialnym za tworzenie matrycy białkowej, istotnej w jakości produktów z mięsa drobiowego.

W natywnej tkance mięśniowej 5% wody jest związane trwale przez grupy hydrofilne. Pozostała woda utrzymywana jest siłami fizycznymi jako tzw. woda unieruchomiona i wolna. Wodę wolną można usunąć pod naciskiem. Uważa się również, że 50% wody wiąże białka miofibryli, a pozostałą część związki mineralne plazmy mięśniowej. Jednakże w mięsie rozdrobnionym związki mineralne plazmy wiążą się z miofibrilami, a wodochłonność takiego układu wzrasta 2-krotnie. Około 100 gramów mięsa wiąże 350 g wody, zaś ta sama ilość rozdrobnionego mięsa wiąże 700–800 g wody [14]. Miozyna, kompleks aktomiozyny oraz aktyna są najważniejszymi białkami odpowiedzialnymi za WHC mięsa. Znaczna zawartość aminokwasów kwaśnych i zasadowych wywołuje ich wysoki ładunek elektrostatyczny odpowiedzialny za zdolność WHC. Stopień hydratacji białek zależy od stopnia hydratacji reszt (łańcuchów bocznych) aminokwasów. Minimum wodochłonności występuje w punkcie izoelektrycznym aktomiozyny, to jest pH ~5.0 [11].

Mięso utrzymuje wodę dwoma rodzajami sił [56] :

- polarnością wywołaną powierzchniowym ładunkiem elektrostatycznym,
- siłami kapilarnymi.

Siły kapilarne tworzą się głównie w przestrzeniach wokół i pomiędzy filamentami miozynowymi i aktynowymi. Siły te wzrastają jednocześnie ze wzrostem sił odpychania się ładunków elektrostatycznych, np. w wyniku zmian wartości pH oddalającej się od pH punktu izoelektrycznego. Poubojowa proteolityczna degradacja szkieletu komórkowego oraz białek linii Z, M oraz białka C przyczyniają się do wzrostu WHC.

Białka sarkoplazmy mają niską WHC i lepkość. Białka przestrzennej sieci tworzonej przez tkankę łączną ograniczają możliwość pęcznienia miofibryli, a same wykazują bardzo ograniczoną wodochłonność.

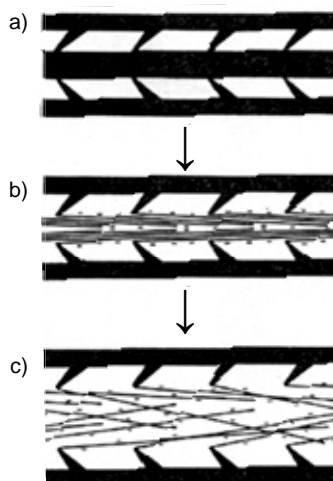
O wodochłonności mięsa decyduje, jak już wspomniano, stan filamentów miozynowych i aktynowych, a dokładniej – przestrzenie między łańcuchami białkowymi oraz filamentami mięśniowymi. Zacieśnianie i rozluźnianie struktury mięsa następuje pod wpływem stężenia poubojowego, zmian wartości pH lub dodatku soli (rys. 5.5).

Maksimum wodochłonności występuje, gdy siła jonowa wynosi 0,8–1,0, a dodatek NaCl powoduje wsalanie (*salting in*), czyli silne wiązanie jonów Cl<sup>-</sup>, co obniża punkt izojonowy białek. Wodochłonność jest silnie skorelowana z organoleptycznymi cechami mięsa, tj. soczystością, smakiem i barwą. Mięśnie piersiowe kurcząt, kur, indyków wykazują lepszą wodochłonność niż udowe.

W zależności od metody oznaczania sposobu wiązania wody przez mięso różniamy następujące pojęcia [10]:

- **wyciek** – roztwór wodny tworzący się z mięsa bez użycia sił zewnętrznych; zdolność utrzymywania wody to masa próby po odjęciu wycieku;
- **wyciek rozmrażalniczy** – roztwór wodny pojawiający się z mięsa rozmrażanego bez użycia sił zewnętrznych;

- **wyciek cieplny** – roztwór wodny uwalniający się z mięsa ogrzewanego zarówno bez użycia, jak i z użyciem siły zewnętrznej, np. wirowania, ściskania; masa próby pomniejszona o wyciek cieplny to zdolność do retencji wody po ogrzaniu;
- **wyciek wymuszony** – roztwór wodny uwalniany z nieogrzanego mięsa przy jednoczesnym stosowaniu sił zewnętrznych.



Rys. 5.5. Mechanizm rozluźnienia mięsa w obecności soli: a) fragment sarkomeru pokazujący przyłączone głowy filamentu miozynowego do dwóch filamentów aktynowych; b) depolimeryzacja filamentu grubego w wyniku działania NaCl; ruch ogonów cząsteczek miozyny jest ograniczony; c) po spęczeniu sieci filamentów ogony cząsteczek miozyny są zdolne do ruchu o większym kącie [30]

## Żelowanie

**Żelowaniem nazywamy zdolność tworzenia przez białka trójwymiarowych struktur przestrzennych – z dwóch faz – o wysokim stopniu powiązania między fazami.** Żelowanie jest formą koagulacji koloidów białkowych.

Większość badań przeprowadzonych na modelowych układach dotyczy białek miofibryli, miozyny i jej podjednostek. To wynika z ich pierwszorzędgo znaczenia.

Miozyna ma zasadnicze znaczenie w żelowaniu mięsa. Można wyróżnić przynajmniej dwa etapy żelowania tego białka:

- denaturacja natywnych cząsteczek miozyny,
- agregacja częściowo rozfałdowanych struktur cząsteczek.

Podczas tych etapów tworzy się struktura wiązań poprzecznych w przestrzennej sieci żelu. Szczegółowe badania z użyciem DSC wskazują, że cząsteczki miozyny przechodzą termiczne przemiany w dziesięciu etapach w zakresie temperaturowym od 39 do 70°C [47]. Dla uzyskania maksymalnej wytrzymałości mechanicznej żeli potrzebne są nienaruszone ciężkie łańcuchy miozyny, podczas gdy lekkie łańcuchy ulegają dysocjacji i się rozpuszczają. Podwyższanie temperatury ogrzewania powyżej 75°C nie powoduje poprawy jakości żelu, gdyż wszystkie strefy cząsteczki uległy już przemianie termicznej. Powstawanie

mostków siarczkowych nie jest potrzebne do tworzenia żeli. Grubsze i większe filamenty mięśniowe tworzą mocniejsze żele. Twardość żeli aktomiozynowych zależy od udziału miozyny w kompleksie oraz ilości towarzyszącej wolnej miozyny. Białka mięsa czerwonego nie mają zdolności tworzenia żeli w temperaturach 40–50°C, co charakteryzuje aktomiozynę ryb. Koloidy o cząsteczkach białkowych mających strukturę włókienkową (białka miofibryli) dają żele zwarte i sprężyste. Już 0,3% roztwór białek miofibryli mięsa kurcząt wystarcza do utworzenia żelu [21]. Białka miofibryli odgrywają zasadniczą rolę w tworzeniu elastycznej, żelowanej struktury wędlin parzonych w wyniku zdolności miozyny, aktyny, aktomiozyny i tropomiozyny do tworzenia wielkich agregatów. Polimeryzują one w obecności soli mniej lub bardziej spontanicznie. W temperaturach 30–50°C następuje formowanie żeli [1]. W wyniku denaturacji fragmentów cząsteczki miozyny – właściwości żeli nie zmieniają się w większym stopniu w granicach 50–80°C. Wzrost ich sztywności i sprężystości wynika ze wzrostu ilości wiązań poprzecznych. Wykazano, że lepszą siłę żelowania oraz twardsze żele uzyskuje się z miozyny mięśni piersiowych kurcząt oraz białek miofibryli izolowanych z mięśni piersiowych indyków aniżeli z mięśni udowych [3].

Porównując tworzenie się żelu i jego termomechaniczne właściwości, stwierdzono, że mięso indycze ma zbliżone właściwości żelujące do surimi z ryb, a więc systemu aktomiozyny, a prawie dwukrotnie wyższe niż mięso bydła i świń [31]. Żele z mięsa indyczego miały większe ilości wewnętrznych wiązań. Niezależnie od rodzaju mięśni drobiowych, w granicach pH 6–7, stwierdzono silną ujemną (-0,96) korelację między wartością LCE (najmniejsze stężenie białka, które tworzy żel) a granicą plastyczności żelu białek miofibrylarnych. Zależność tę opisuje równanie [45]:

$$\delta_g = -0,56LCE + 11,3,$$

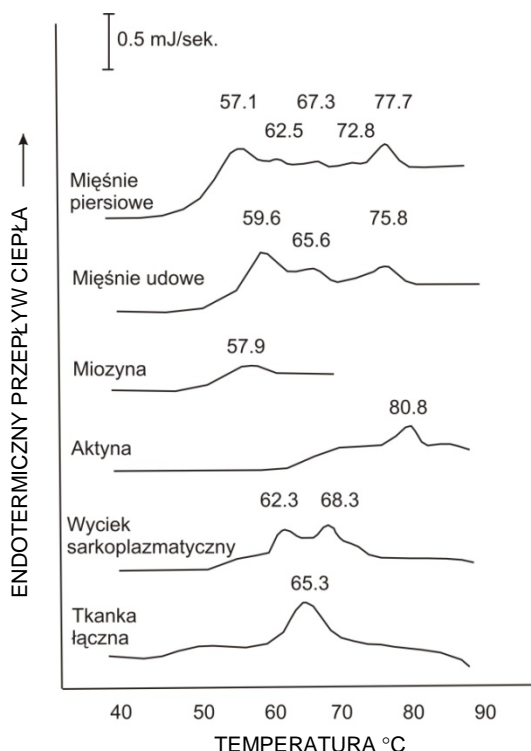
$\delta_g$  – granica plastyczności żelu (kPa).

Oznacza to, że oba wyróżniki są dobrymi wskaźnikami oceny właściwości żelujących.

Z kolei białka sarkoplazmy mają marginalne zdolności żelujące, białka stromy koaguluje (nie żeluje) w temperaturach 70–80°C. Dodatek białek sarkoplazmy do miofibryli osłabia mechaniczne właściwości żelu.

Temperatury termicznej denaturacji dla poszczególnych białek mięśni kurcząt podano na rysunku 5.6.

Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC) ułatwia interpretację roli białek mięśniowych w procesie żelowania termicznego. Z rysunku wynika, że mięśnie piersiowe dają trzy przemiany termiczne, a udowe aż pięć. Udział wolnej aktyny w żelowaniu mięsa może mieć znaczenie dopiero przy wyższym zakresie temperatur.



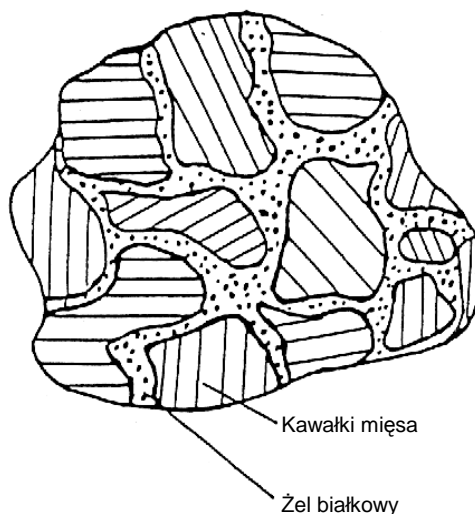
Rys. 5.6. Termogramy przemian ciepłych białek mięśniowych kurcząt [18]

### Zdolności wiążące (adhezyjne i kohezyjne)

Właściwości wiążące fragmentów mięsa mogą być wywołane siłami adhezji, które dotyczą wiązania się różnych składników mięsa oraz kohezji, tj. sił wiążących cząsteczki tego samego składnika. Cecha ta ma istotne znaczenie w technologii produkcji wyrobów teksturowanych [5]. W czasie ogrzewania białka mięśniowe reagują między sobą, tworząc żel, jak również z powierzchnią kawałków mięsa, tworząc lepłą, wiążącą masę. Dobre wiązanie, występowanie sił adhezji ma kluczowe znaczenie w jakości produktów restrukturyzowanych i reformowanych (z całych elementów mięsnych). Żel białkowy wiążący kawałki mięsa pokazany jest schematycznie na przekroju wyrobu z mięsa drobiowego typu rolada, szynka lub polędwica (rys. 5.7) [13].

Uważa się, że białka mięśniowe, fibrylarne, jeśli mają spełnić funkcje wiążące, powinny być w stanie rozpuszczonym. Rozpuszczalność białek miofibrylarnych z mięsa zależy od wielu czynników, takich jak: stan przemian poubojowych w mięsie, stan jonowy środowiska, wartość pH, temperatura w czasie ekstrakcji, czas przechowywania mięsa w stanie schłodzonym i zamrożonym, wielkość kawałków mięsa, zastosowanie zwiększonego ciśnienia, czas ekstrakcji, stopień aktywizowania systemu poprzez mieszanie, masowanie i wytworzenie podciśnienia [35].

Spośród niemięsnych wiążących substancji białkowych, stosowanych w technologii mięsa drobiowego i dużych zwierząt, żadna nie dorównuje sile wiążącej miozyny (tab. 5.6).



Rys. 5.7. Przekrój wyrobu, w którym żel białkowy spełnia funkcję wiążącą (lepiszcza)

W produkcji przetworów z mięsa indyczego jako substancje wiążące mogą być stosowane polisacharydy z roślin morskich, jak np. alginian sodu [37]. Proces żelowania alginianów bez obróbki cieplnej jest wywołany przez dodatek nierozpuszczalnej soli wapnia oraz uwalniający się środek zakwaszający, jak np. glukozo–delta–lakton. Substancja ta uwalnia wapń, który katalizuje polimeryzację alginianu. Nadal jednakże białka miofibrilarnie uwalniane z mięśni najlepiej wiążą elementy mięsne w homogenną, koherentną masę. Stwierdzono, że zdolności wiążące miozyny wzrastają liniowo przy wzroście temperatury od 50 do 80°C. Również siła wiążąca zwiększa się przy wzroście stężenia białka. Przy sile jonowej powyżej 0,4 białka sarkoplazmy uczestniczą w tworzeniu zdolności wiążących, choć w stopniu niewielkim.

Tabela 5.6

Porównanie siły wiążącej niemięśnych białek z surową miozyną [14]

Roztwór białek	Siła zrywająca połączenie dwóch zespolonych kawałków mięsa (g/cm <sup>2</sup> )
3% miozyna	842,5
13% gluten pszenny	350,8
10% białko jaja	240,6
13% odtuszczonego mleka w proszku, po usunięciu Ca	149
7% plazma krwi bydłowej	143,8
13% izolat białka sojowego	133,4
13% kazeinian sodowy	0
Kontrolny – 8% NaCl i 2% trójfosforan sodowy; tylko w przypadku miozyny 6% NaCl i 2% trójfosforan sodowy	214

<sup>x)</sup> W tabeli nie uwzględniono najnowszej technologii produkcji przetworów z mięsa drobiowego bez udziału soli kuchennej i fosforanów, a praktycznie bez udziału białek mięśniowych



Właściwości spajające białek mięsa są związane ze zdolnością do indukowanego ciepłnie żelowania, gdyż matryca białkowa w wyniku ogrzewania tworzy system żelu. Siła wiązania i siła żelowania są proporcjonalne do stężenia tych białek. Sądzi się, że mechanizm wiązania pomiędzy kawałkami mięsa jest podobny do stabilizowania systemu emulsji mięsnej. Główna różnica polega na tym, że w emulsji nie ma większych kawałków mięsa.

Białka mięśniowe spełniają szereg funkcji w przetworach mięsnych (tab. 5.7).

Tabela 5.7

Właściwości funkcjonalne białek w systemach mięsnych

Właściwości funkcjonalne	Sposób działania	System mięsny
absorpcja i wiązanie wody	wiązanie wodorowe wody wiązanie wody	mięso, wędliny
lepkość	zagęszczanie, wiązanie wody	farsz mięsny, zupy, sosy
żelowanie	tworzenie matrycy białkowej	produkty mięsne
kohezja – adhezja	jej usztywnianie białko działa jako substancja powierzchniowo czynna	mięso, przetwory
elastyczność	wiązania – S-S- w żelach	mięso, produkty
emulgowanie	tworzenie i stabilizowanie emulsji	kielbasy
absorpcja tłuszczu	wiązanie wolnego tłuszczu	kielbasy

Do najważniejszych należą te, które:

- poprawiają jednolitość tworzonych emulsji i ich stabilność;
- poprzez żelowanie zwiększają sztywność, teksturę produktu;
- umożliwiają łatwiejsze plasterkowanie wędlin;
- zmniejszają kurczenie się wędlin ogrzewanych;
- zmniejszają wyciek poprzez otaczanie/wiązanie tłuszczu i wody;
- zapobiegają rozwarstwianiu tłuszczu;
- wzmagają wiązanie cząsteczek mięsa;
- poprawiają utrzymywanie wody;
- mogą wzmacniać efekt antyutleniający.

### Właściwości emulgujące

Białko mięśniowe może być emulgatorem. Emulgatory są substancjami zdolnymi do obniżenia napięcia powierzchniowego faz. Cząsteczki emulgatorów mają budowę hydrofilno-lipofilną. Obniżają napięcie powierzchniowe oraz energię potrzebną do wytworzenia emulsji. Białka mięśniowe odgrywają rolę ochronną w układach emulsyjnych, ponieważ tworzą ochronne warstwy filmów na powierzchni kuleczek fazy wewnętrznej. Właściwości białek jako emulgatorów wynikają z ich budowy. Wolne grupy funkcjonalne są polarnymi elementami cząsteczki, natomiast niepolarnymi hydrofobowymi członami są łańcuchy węglowodorowe kwasów organicznych. Oba rodzaje grup są rozmieszczone na powierzchni całej cząsteczki białka, jako duże molekuly, nie mają rozgraniczzonego obszaru polarnego i apolarnego.

Technologiczną funkcję białek mięśniowych w wędlinie można w pewnym stopniu określić przez oznaczanie zdolności emulgowania tłuszczu i stabilizowania emulsji farszu po ogrzaniu. Jednakże wartość informacyjna, zwłaszcza pierwszego testu, budzi znaczne zastrzeżenia. Istnieją bowiem pewne różnice w naturze emulsji właściwej i farszu mięsnego oraz w warunkach oznaczania zdolności emulgującej i w warunkach tworzenia się emulsji mięsnych. Częsteczki białek ze względu na polarno-apolarny charakter zachowują się typowo jak emulgatory, a więc związki powierzchniowo czynne. Jeśli mięso nie zawiera odpowiedniej ilości białek w pożądanym stanie fizykochemicznym, zdolnych do emulgowania i stabilizowania emulsji farszów, to wówczas na przekroju, a zwłaszcza pod osłonką, mogą wystąpić złogi tłuszczu. Struktura kielbas może być wówczas ziarnista, niehomogenna. Spośród białek mięśniowych największą zdolność emulgującą wykazują miozyna i aktomiozyna, a generalnie białka rozpuszczalne w solach. Kształt cząsteczek białka ma istotne znaczenie w odniesieniu do właściwości emulgujących. Białka miofibryli, a więc białka strukturalne mięśni, takie jak miozyna i F-aktyna mają cząsteczki podłużne – gdzie stosunek powierzchni do objętości jest duży – i z tego względu są wydajniejsze w tworzeniu warstwy międzyfazowej. Właściwości emulgujące miozyny w 0,3 M roztworze NaCl przewyższają inne składniki mięśnia i kształtują się następująco: miozyna > aktomiozyna > białka sarkoplazmy > aktyna [12]. Fizykochemiczne cechy decydujące o silnych właściwościach emulgujących to:

- obecność hydrofobowego komponentu, który kieruje się w stronę cząsteczek tłuszczu;
- obecność hydrofilowego fragmentu cząsteczki, który kieruje się w stronę fazy ciągłej;
- zdolność cząsteczki do odfałdowywania się na granicy faz i obniżanie sił napięcia powierzchniowego.

Na granicy faz emulsji najłatwiej absorbuje się miozyna. Hydrofobowy region cząsteczki, który jest w ciężkiej meromiozynie (HMM), obniża wolną energię na powierzchni i uczestniczy w wiązaniu tłuszczu [57]. Krople i cząsteczki tłuszczu otoczone są przestrzenną matrycą białkową zbudowaną z miozyny i aktomiozyny, która jest zdolna do żelowania. To stabilizuje układ i zapobiega koalescencji tłuszczu w czasie ogrzewania farszu. Film utworzony na granicy faz przez białka miofibryli jest najczęściej kilkuwarstwowy, a lepkoelastyczne właściwości tego filmu są dostatecznie duże, co gwarantuje zadowalającą trwałość zemulgowanych układów, szczególnie po ich ogrzaniu. Wysoka lepkość emulsji białek miofibrylarnych zapewnia im większą trwałość i sztywność. Białka sarkoplazmy tworzą emulsje miękkie i nietrwałe. Znaczna ilość emulgowanego tłuszczu przez białka miofibryli, np. z mięsa kurcząt (0,1g białka ponad 400 g oleju) sugeruje, że w farszu mięsnym potencjalne właściwości emulgujące białka nie są w pełni wykorzystane [20]. Z drugiej zaś strony, ilość uwalnianych białek miofibryli jest nieznaczna w warunkach siły jonowej występującej w farszu, a białka te wykazują największe powinowactwo do tworzenia filmu międzyfazowego. W punkcie izoelektrycznym w zakresie pH zbliżonym do punktu izoelektrycznego aktomiozyna i miozyna wykazują minimalne właściwości emulgujące i stabilizujące, podczas gdy większość białek, w tym sarkoplazmy, prezentuje w tych warunkach maksimum właściwości funkcjonalnych [42]. Wskazuje to na analogiczne zachowanie się wodochłonności i właściwości emulgujących białek miofibryli. W tworzeniu warstwy międzyfazowej uczestniczy zarówno aktomiozyna rozpuszczona, jak i w postaci całych filamentów mięśniowych, a więc w formie nierozpuszczonej [42].

Napęczniałe filamenty silnie absorbują się na granicy faz. Farsze utworzone z napęczniałych homogenatów mięsnych wykazują wysoką stabilność fazy tłuszczowej i wodnej po ogrzewaniu. Stopień połączenia aktyny z miozyną ma również istotne znaczenie w odniesieniu do właściwości emulsji mięsnych. Ustalono, że agregaty ogonów meromiozyny lekkiej mają powinowactwo do fazy tłuszczowej dzięki dużej ilości wiązań hydrofobowych, zaś głowy cząsteczek miozyny kierują się ku fazie wodnej. Nie rozstrzyga to jednak definitywnie sprawy, czy dla utworzenia stabilnej emulsji mięsnej wystarczy spęcznienie matrycy filamentów mięśniowych aktomiozyny, czy też niezbędna jest odpowiednia ilość rozpuszczonej aktomiozyny. Ustalono, że z upływem czasu rozdrobnienia farszu mięsnego, ilość napęczniałych filamentów początkowo wzrasta, później zaś powoli przechodzi w fazę rozpuszczoną o wysokiej lepkości. Stwierdzono, że w emulsjach mięsnych, gdy zbyt duża ilość białka została zaangażowana w emulgowanie tłuszczu, to matryca białkowa wykazuje osłabioną zdolność żelującą.

Do istotnych problemów technologicznych w produkcji wędlin zaliczyć należy przygotowanie farszu do stabilnego wiązania dodanego tłuszczu, który w typowych wędlinach parzonych, kutrowanych wynosi ok. 20–30%.

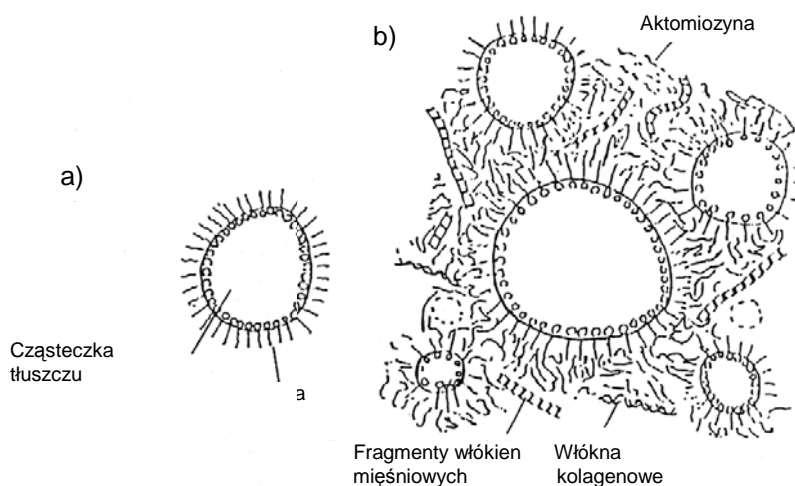
Czy farsz mięsny jest emulsją?

Farsz mięsny jest faktycznie wielofazowym układem, w składzie którego można wyróżnić:

- rzeczywisty roztwór elektrolitów jonów naturalnych w mięsie oraz jonów soli dodanych,
- roztwór koloidalny białek rozpuszczalnych w wodzie i solach,
- zawiesinę rozdrobnionego oraz zemulgowanego tłuszczu, stabilizowaną warstwą białka (rys. 5.8),
- zawiesinę nierozpuszczalnych cząsteczek białka, filamentów miozynowych i fragmentów włókienek mięśniowych,
- inne elementy histologiczne surowców zasadniczych, jak i innych substancji dodanych do farszu,
- pianę utworzoną przez filmy białka otaczające kieszenie powietrzne.

Z zestawienia tego wynika, że farsz rozpatrywany w uproszczeniu jako układ 2-fazowy, złożony ze zdyspergowanego tłuszczu rozpuszczonego w ciągłej fazie wodnego roztworu białek, może być warunkowo traktowany jako emulsja. Cząsteczki tłuszczu występujące w farszu wykazują znaczne różnice w wielkości, co stanowić może ograniczenie stabilności takiego układu. Badania mikroskopowe wykazały, że wielkość cząsteczek wynosiła 0,1–50  $\mu\text{m}$ , oraz że cząsteczki tłuszczu były otoczone ochronną warstwą matrycy białek miofibrylarnych jako czynnika emulgującego. Większość cząstek tłuszczu w farszu mięsnym, zwłaszcza z dodatkiem tłuszczów tkankowych dużych zwierząt rzeźnych, nie występuje w stanie rozpuszczonym. Klasyczna definicja emulsji zakłada natomiast, że zarówno faza rozproszona, jak i rozpraszająca są w stanie ciekłym. Wielkość cząstek zdyspergowanego tłuszczu farszu mieści się w zakresie emulsji właściwych. Jeśli wielkość kuleczek tłuszczu wynosi ok. 25  $\mu\text{m}$ , dowodzi to niekompletnego zemulgowania układu.

Trwałość układu podlega prawu Stokes'a, z którego wynika, że wzrost średnicy cząstek prowadzi do ograniczenia stabilności.



Rys. 5.8. Diagram emulsji mięsnej: a) kropla tłuszczu otoczona warstwą miozyny z hydrofobowymi głowami skierowanymi do fazy tłuszczowej; b) rozpuszczalna aktomiozyna występuje w wielowarstwowych układach w połączeniu z innymi składnikami mięsa [33]

## 5.6. Streszczenie

Białka poprzecznie-prążkowane mięśni drobiu dzielimy na białka miofibryli, sarkoplazmy i białka stromy. Białka miofibryli z kolei klasyfikujemy w trzech grupach: białka kurczliwe, regulujące skurcz oraz białko cytoszkieletu komórkowego. Najważniejsze białka miofibrylarne mięsa: miozyna i aktyna mają znaczenie w procesach skurczu i rozkurczu mięsa, a miozyna wykazuje właściwości ATP-azy. Miozyna tworzy grube filamenty w sarkomerze. Wysoce hydrofobowy, globularny fragment jest zlokalizowany w podwójnej głowie cząsteczki i odgrywa istotną rolę w funkcjonalności technologicznej.

Grupa białek cytoszkieletowych tworzy konstrukcyjny szkielet we włóknach mięśniowych poprzez filamenty ułożone wzdłuż i w poprzek włókna. Do nich należą titina, nebulina i desmina po uboju ulegają szybkiej proteolitycznej degradacji i kształtują kruchość niskokolagenowego mięsa młodego drobiu. Nie mniej ważne są białka tkanki łącznej, a szczególnie kolagen, który wraz z wiekiem zwierzęcia pogarsza teksturę mięsa. Z kolei białka sarkoplazmatyczne mają swoiste znaczenie dla jakości mięsa. W sarkoplazmie dominują enzymy cyklu glikolitycznego, istotne w poubojowym zakwaszaniu tkanki oraz przechowalniczej trwałości mięsa. Proteinazy cysteiny w wyraźny sposób kształtują poubojową kruchość mięsa. Kalpains z kolei degradują białka cytoszkieletu komórkowego. Miozyna i aktyna w warunkach chłodniczego przechowywania poubojowego zasadniczo nie ulegają degradacji. Katepsyny odgrywają drugorzędną rolę w kruszeniu mięsa i tylko wówczas, gdy zostaną uwolnione z lizosomów. Rozpuszczalne w roztworach soli białka miofibryli, tj. miozyna i aktyna odpowiadają w głównej mierze za funkcjonalne cechy mięsa, takie jak wodochłonność, zdolność do żelowania, wiązania innych cząsteczek i emulgowania tłuszczu. Białka regulujące skurcz, jak tropomiozyna i troponina, a także białka

sarkoplazmy i stromy mają marginalne znaczenie dla funkcjonalności mięsa. Proteinazy – enzymy endogenne mięsa działające na białka szkieletu komórkowego oraz białka linii Z, linii M i białka C, które spinają strukturę sarkomeru, rozluźniają system i przyczyniają się do uwalniania białek oraz umożliwiają ich rozpuszczanie. W ten sposób wpływają na podnoszenie jakości przetwórczej drobiowych surowców mięsnych.

## Piśmiennictwo

- [1] Acton J.C., Dick R.I.: 1986. Thermal transition of natural actomyosin from poultry breast and thigh tissues. *Poultry Sci.*, 65, 2051.
- [2] Acton J.C., Ziegler G.A., Burge D.L.: 1983. Functionality of muscle constituents in the processing of comminuted meat products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 18, 99.
- [3] Asghar A., Samejima K., Yasui T.: 1985. Functionality of muscle proteins in gelation mechanisms of structural meat products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 22, 27.
- [4] Bailey, A.J., Light, N.D.: 1989. *Connective tissue in meat and meat products*. Elsevier Applied Science, London.
- [5] Blanshard J.M., Mitchell J.R.: 1988. *Food structure – its creation and evaluation*. Butterworths, London.
- [6] Geiger B.: 1979. A 130 kDa protein from chicken gizzard: Its localization at the termini of microfilament bundles in cultured cells. *Cell*, 18, 193.
- [7] Goll D.E., Robson R.M., Stromer M.H.: 1977. Muscle proteins, [in:] *Food Proteins*, red. J.W. Whitaker, S.R. Tannenbaum, Westport, Connecticut: AVI Publishing, 121.
- [8] Greaser M.L.: 1997. Postmortem changes in the cytoskeleton proteins in muscle. *Proceed.*
- [9] Hainfeld J.F., Wall J.S., Wang K.: 1988. Titin: Quantitative mass measurements by scanning transmission electron microscopy and structural implications for sarcomere matrix of skeletal muscle. *FEBS Lett.*, 234, 145.
- [10] Hamm R.: 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements, [in:] *Muscle as Food*, pod red., P.J. Bechtel, Academic Press, Orlando, s. 144.
- [11] Hamm R.: 1972. *Kolloidchemie des Fleisches*. P. Parey Verlag, Berlin.
- [12] Hegarty G.B., Bratzler L., Pearson A.M.: 1963. Studies on the emulsifying properties of some intracellular beef muscle proteins. *J. Food Sci.*, 28, 663.
- [13] Jolley, P.D., Purslow P.P.: 1988. Reformed meat product fundamental concepts and new development, [in:] *Food structure its creation and evaluation*, Ed. J.M. Blanshard, J.R. Mitchell, Butterworths, London.
- [14] Kijowski J.: 1983. Funkcje biochemiczne i technologiczne fibrylarnych białek mięsa *Post.Nauk Rol.*, 35, (4), 119.
- [15] Kijowski J.: 1986. Rola białek miofibryli i ich technologicznych modyfikacji w kształtowaniu właściwości funkcjonalnych mięsa drobiu. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Zeszyt* 164.
- [16] Kijowski J.: 1993. Thermal transition temperature of connective tissues from marinated spent hen drumsticks. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 28, 587.
- [17] Kijowski J.: 2001. Muscle proteins. [in:] *Chemical and functional properties of food proteins*. red. Z. E. Sikorski, Technomic Publ. Co. Lancaster PA, 233.
- [18] Kijowski J., Mast M.G.: 1988. Thermal properties of proteins in chicken broiler tissues. *J. Food Sci.*, 53 (2), 363.
- [19] Kijowski J., Mast, M.G.: 1993. Tenderisation of spent fowl drumsticks by marination in weak organic solutions. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 28, 337.
- [20] Kijowski J., Niewiarowicz A.: 1978a. Emulsifying properties of proteins and meat from broiler breast muscles as affected by their initial pH values, *Food Technol.*, 13, 451.

- [21] Kijowski J., Niewiarowicz A.: 1978b. Effect of initial pH in broiler breast muscles on gel forming capacity of meat proteins and on rheological characteristics of frankfurter type sausage. *Food Technol.*, 13, 461.
- [22] Kimura S., Maruyama K.: 1983. Preparation of native connectin from chicken breast muscle. *J. Biochem.*, 94, 2083.
- [23] Kimura S., Matsuura T., Ohtsuka S., Nakauchi Y., Matsuno A., Maruyama K.: 1992. Characterisation and localisation of  $\alpha$ -connectin (titin 1): An elastic protein isolated from rabbit skeletal muscle. *J. Muscle Res. Cell Motil.*, 13, 39.
- [24] Koohmaraie M.: 1994. Muscle proteinases and meat aging, *Meat Sci.*, 36, 93.
- [25] Labeit S., Gautel M., Lakey A., Trinick J.: 1992. Towards a molecular understanding of titin. *EMBO J.*, 11, 1711.
- [26] Lazarides E., Hubbard B.D.: 1976. Immunological characterisation of the subunit of the 100A filaments from muscle cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 73, 4344.
- [27] Li-Chan, E., Nakai, S., Wood D.F.: 1984. Muscle proteins structure – functionality relationships and discrimination of functionality by multivariate analysis, *J. Food Sci.*, 52, 31.
- [28] Maruyama K.: 1985. Myofibrillar cytoskeletal proteins of vertebrate striated muscle, [in:] *Development in meat science*. Ed. R. Lawrie, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York.
- [29] Maruyama K., Matsubara S., Natori K., Nonomura Y., Kimura S., Ohashi K., Murakami F., Handa S., Eguchi G.: 1977. Connectin, an elastic protein of muscle: Characterisation and function. *J. Biochem.*, 82, 317.
- [30] Maruyama K., Natori K., Nonomura Y.: 1976. New elastic protein from muscle. *Nature (London)*, 262, 58.
- [31] Montejano J.G., Hamann D.D., Lanier T.C.: 1984. Thermal induced gelation of selected comminuted muscle system. Rheological changes during processing final strength and microstructure. *J. Food Sci.*, 49, 1496.
- [32] Moran E.T, Jr.: 1999. Live production factors influencing yield and quality of poultry meat, [in:] *Poultry Meat Science*, Ed. R.I Richardson, G.C. Mead, CAB International, England, 179.
- [33] Morrissey P.A., Mulvihill D.M., O'Neil E.M.: 1987. Fundamental properties of muscle proteins. [in:] *Developments in Food Proteins*. Ed. B.J.F. Hudson. Elsevier Applied Science, London/New York, 195.
- [34] Obinata T., Maruyama K., Sugita H., Koohamarai K., Ebashi S.: 1981. Dynamic aspects of structural proteins in vertebrate skeletal muscle. *Muscle Nerve*, 4, 456.
- [35] Pearson A.M., Young R.B.: 1989. *Muscle and meat biochemistry*, Academic Press, INC., San Diego, California.
- [36] Pearson A.M., Dutson T.R.: 1987. Restructured meat and poultry products. *Advances in Meat Research*. Vol. 3 AVI Book, Van Nostrand Reinhold Comp., New York.
- [37] Richardson R.I.: 1989. Utilisation of turkey in further processed products. [in:] *Processing of Poultry*. Ed. G.C. Mead, Elsevier Applied Science, London.
- [38] Robson R.M.: 1995. Myofibrillar and cytoskeletal structures and proteins in mature skeletal muscle cells. [in:] *Expression of tissue proteinases and regulations of protein degradation as related to meat quality*, red., A. Quali, D. I. Demeyer, F. J. Smulders, Utrecht: ECCEAMST, 267.
- [39] Roncales P., Geesink G.H., Van Laach, R.L.J.M., Jaaime I., Beltran J., Barnier V.M.H., Smulder F.J.M.: 1995. Meat tenderization: Enzymatic mechanisms, [in:] *Expression of tissue proteinases and regulations of protein degradation as related to meat quality*. red. A. Ouali, D.I.Demeyer, F.J.M. Smulders, Utrecht, ECCEAMST, 311.
- [40] Sadowska M., Kotłowski R.: 1999. Physicochemical properties of collagen from fish, pig and beef, [in:] *Gelatine properties, Technology and Application*, red. A., Rutkowski, Konin: Polska Izba Dodatków do Żywności, 13.
- [41] Schmidt G.L., Mawson R.F., Siegel D.G.: 1981. Functionality of a protein matrix in comminuted meat products, *Food Technol.*, 35, 235.

- [42] Schut J.: 1976. Meat emulsions, [in:] Food emulsions, red. S. Friberg, M. Dekker Inc., New York.
- [43] Sikorski Z.E.: 1994. The myofibrillar proteins in seafood [in:] Seafood proteins, red. Z.E. Sikorski, B.S. Pan, F. Shahidi, New York, London, Chapman & Hall, 40.
- [44] Sikorski Z.E., Borderias J.A.: 1994. Collagen in the muscles and skin of marine animals. [in:] Seafood proteins. red. Z.E. Sikorski, B.S. Pan, F. Shahidi, New York, London, Chapman & Hall, 58.
- [45] Skrabka-Błotnicka T.: 1986. Właściwości emulgujące i żelujące białek i mięśni drobiowych ze szczególnym uwzględnieniem drobiu wodnego. Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 358.
- [46] Small J.V., Sobieszek A.: 1977. Studies on the function and composition of 10 nm (100A) filaments of vertebrate smooth muscle. *J. Cell Sci.*, 23, 243.
- [47] Smyth A.B., Smith D.M., Vega-Warner V. O'Neil, E.: 1996. Thermal denaturation and aggregation of chicken breast muscle myosin and subfragments, *J. Agric. Food Chem.*, 44, 996.
- [48] Stryer L.: 1997. Poznawanie białek, [w:] *Biochemia*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- [49] Suzuki, K.: 1991, Nomenclature of calcium dependent proteinase, *Biomed. Biochim. Acta*, 50, 483.
- [50] Tomaszewska-Gras J., Kijowski J., Schreurs F.J.G.: 2002a. Quantitative determination of titin and nebulin in poultry meat by SDS-PAGE with internal standard. *Meat Sci.*, 62, 61.
- [51] Tomaszewska-Gras J., Kijowski J., Schreurs F.J.G.: 2002b. The function of cell skeleton proteins and endogenous proteolytic enzymes in development of meat quality, *Pol. J. Food Nutr. Sci*, 11/52, 2, 3.
- [52] Trinick J.: 1994. Titin and nebulin; protein rulers in muscle? *Trends in Biochem. Sci.*, 19, 405.
- [53] Wang K.: 1982. Purification of titin and nebulin [in:] *Methods Enzymol.*, red. D. Frederiksen, L.W. Cunningham, New York, Acad. Press.
- [54] Wang K., McCarter R., Wright J., Beverly J., Ramirez-Mitchell R.: 1993. Viscoelasticity of the sarcomere matrix of skeletal muscles. *Biophys. J.*, 64, 1161.
- [55] Wolfe F.H., Sathe S.Z., Goll D.E., Klesse W.C., Edmunts T., Duperret S.M.: 1989. Chicken skeletal muscle has three calcium dependent proteinases. *Biochem. Biophys. Acta*, 998, 236.
- [56] Xiong Y.L.: 1997. Structure function relationship of muscle proteins [in:] *Food proteins and their application*, red. S. Damodaran, A. Paraf, New York: Marcel Dekker Inc.
- [57] Zayas J.F.: 1997. *Functionality of proteins in food*. Berlin, Springer-Verlag.





# 6.

## PRZEMIANY POUBOJOWE I KSZTAŁTOWANIE CECH JAKOŚCIOWYCH MIĘSA DROBIU

*Teresa Smolińska, Wiesław Kopeć, Jacek Kijowski*

Szybkość przebiegu reakcji biochemicznych zachodzących po uboju ptaków zależy od wielu czynników, np. gatunku drobiu, wieku, stopnia utuczenia, jak i systemu chowu. W dużym stopniu kierunek przemian poubojowych ma również związek z typem metabolicznym mięśni oraz temperaturą. Im wyższa jest początkowa temperatura tkanki mięśniowej oraz temperatura otoczenia, tym szybciej przebiegają reakcje biochemiczne po uboju.

**W przebiegu przemian poubojowych można wyróżnić następujące procesy:**

- **glikoliza poubojowa,**
- **kontrakcja włókien mięśniowych,**
- **proteoliza białek mięśniowych.**

Kolejność występowania powyższych procesów jest trudna do rozdzielania, ponieważ mogą one często przebiegać równolegle, aczkolwiek w różnym tempie w zależności od temperatury, o czym była już mowa wcześniej.

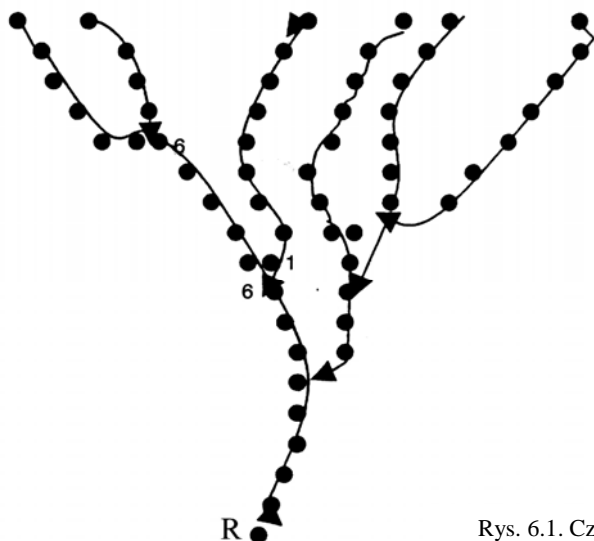
Mechanizm poubojowej kontrakcji włókien nie może być rozpatrywany w oderwaniu od procesów biochemicznych, które zachodzą w tkance mięśniowej po uboju zwierząt i odgrywają bardzo ważną rolę w kształtowaniu cech jakościowych mięsa.

Do skurczu lub rozkurczu (relaksacji) mięśni *post mortem* potrzebna jest energia, którą mięśnie czerpią z glikolizy poubojowej [61, 62].

### 6.1. Glikoliza poubojowa

W mięśniach szkieletowych podstawowym źródłem energii jest glikogen. Ilość glikogenu w mięśniach drobiu jest zależna od metabolicznego zróżnicowania włókien mięśniowych, wpływu czynników stresogennych i gatunku ptaków.

**Glikogen – zapasowa forma glukozy** jest polimerem o dużej masie cząsteczkowej (ok. 3 000 kDa) (rys. 6.1).



Rys. 6.1. Częsteczka glikogenu [62]

Glikogen jest głównie magazynowany w wątrobie, drugim jego źródłem są mięśnie szkieletowe. Ponieważ mięśnie stanowią większą masę niż wątroba, dlatego stanowią one zasadnicze źródło glikogenu. W mięśniach dużych ssaków zawartość glikogenu wynosi średnio ok. 1%, a w mięśniach ptaków od 0,4 do 0,6%. Glikogen w mięśniach znajduje się w cytoplazmie komórkowej w postaci ziaren o średnicy od 10 do 40 nm. Synteza i degradacja glikogenu w mięśniach poprzecznie prążkowanych przebiega różnymi szlakami, przy współudziale specyficznych enzymów [18, 34]. Reakcje rozkładu glikogenu są wysokoenergetyczne, ponieważ za życia zwierzęcia są motorem pracy mięśni.

Glikolizę w mięśniach można podzielić na dwa etapy:

- 1) **glikogenolizę**, czyli rozkład glikogenu do glukozy i kolejno do glukozy-1-fosforanu,
- 2) **glikolizę**, która polega na przemianie glukozy-6-fosforanu do pirogronianu.

Reakcje degradacji glikogenu w mięśniach szkieletowych są bardzo dobrze rozpoznane [62]. Glikogen jest rozszczepiany przy współudziale enzymu fosforylazy glikogenowej w obecności ortofosforanu (Pi) do glukozy-1-fosforanu, w myśl reakcji:



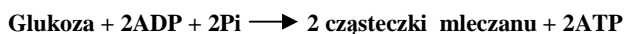
Uwolniony z glikogenu glukozy-1-fosforan przekształca się w glukozy-6-fosforan przy udziale fosfoglukomutazy. Glukozy-6-fosforan w mięśniach jest zatrzymywany jako źródło regeneracji adenozynotrifosforanu ATP. Ponieważ w odróżnieniu od wątroby nie zawierają one glukozy-6-fosfatazy, przemiana glukozy-1-fosforanu poprzez glukozy-6-fosforan aż do mleczanu przebiega przez etapy pośrednie, obejmujące izomeryzację do fruktozy-6-fosforanu katalizowaną przez izomerazę glukozyfosforanową, fosforylację do fruktozy-1,6-difosforanu z udziałem fosfofruktokinazy, rozszczepienie cząsteczki

fruktozo-1,6-dwufosforanu do aldehydu 3-fosfoglicerynowego i fosfodwuhydroksyacetonu (z udziałem aldolazy). Następnym etapem jest utlenienie pierwszego z produktów pośrednich aldehydu 3-fosfoglicerynowego, który przekształca się do 3-fosfoglicerynianu z odtworzeniem ATP i zredukowanego NADH; w dalszym ciągu reakcji do pirogronianu tworzona jest druga cząsteczka ATP.

W cyklu przemian od glukozy-6-fosforanu do pirogronianu bilans energetyczny netto wynosi 2 cząsteczki ATP na cząsteczkę glukozy oraz 2 cząsteczki NADH.

Pirogronian jest końcowym produktem glikolizy i w organizmie w zależności od warunków tlenowych lub beztlenowych ulega różnym przemianom. W warunkach tlenowych w mitochondriach następuje dekarboksylacja i utlenianie do  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$  w cyklu kwasów trkarboksylowych z powstaniem 12 cząsteczek ATP.

**Przemiana beztlenowa pirogronianu prowadzi do nagromadzenia się w mięśniach kwasu mlekowego (L-mleczan);** reakcja ta zachodzi wyłącznie w cytoplazmie komórkowej, a redukcja pirogronianu do mleczanu podtrzymuje reakcję glikolizy [6, 38, 52, 61]. Schematycznie ujęty przebieg glikolizy w warunkach beztlenowych można przedstawić następująco:



Faza beztlenowa – glukozy-1- fosforan



pirogronian



kwas mlekowy

### Glikoliza jako źródło energii

Glikoliza poubojowa przebiega w warunkach beztlenowych i nie jest bogatym źródłem energii. Tym niemniej, aż do wyczerpania rezerw glikogenu powstające cząsteczki ATP są źródłem energii potrzebnej do skurczu i rozkurczu włókien mięśniowych [61, 62]. Umożliwia to resztkowy metabolizm mięśni w pierwszej fazie po uboju. Jednak, w miarę wyczerpywania rezerw glikogenu i ATP następuje nagromadzenie kwasu mlekowego w mięśniach, a przemiany poubojowe mają charakter nieodwracalny. Kwas mlekowy powstający w wyniku beztlenowej degradacji glikogenu oraz nagromadzenie się nieorganicznych fosforanów wpływają na zmianę odczynu tkanki mięśniowej, powodując znaczne obniżenie pH. 1% nagromadzonego mleczanu obniża pH środowiska średnio o 1,8 jednostki. W mięśniach jasnych (piersiowych) kurczą o przewodze metabolizmu beztlenowego i wysokim poziomie glikogenu procesy te przebiegają szybko i dlatego mięśnie te osiągają niskie pH, tj. 5,7–6,2 mierzone 15 do 22 min *post mortem* – określane mianem  $\text{pH}_1$ . W mięśniach ciemnych (nóg) o metabolizmie tlenowym i niższym poziomie glikogenu poubojowe pH (6,2–6,5) nie osiąga tak niskich wartości, jak w mięśniach piersiowych. Odczyn bezpośrednio po uboju może być zróżnicowany w zależności od rasy, gatunku i rodzaju mięśni [16, 54].

Zakres zmian pH w mięśniach drobiu grzebiącego nie jest zawsze jednakowy, ponieważ szybkość glikolizy poubojowej może być zależna od różnych czynników, np. zmęczenia organizmu, działania stresorów itp. [40, 58]. Mięso drobiowe piersiowe o przyspieszonym przebiegu glikolizy wykazujące zmiany PSE (Pale Soft Exudative) (patrz rozdz. 6.4) charakteryzuje wartość  $pH_1$  w granicach 5,4–5,7. Natomiast mięso o cechach DFD (Dark, Firm, Dry) ma wysokie  $pH_1$  w granicach 6,4–6,7, co wynika z niskiego, wyjściowego poziomu glikogenu, np. ptaków wyczerpanych fizycznie [15, 37, 54, 55].

Przy normalnych życiowych zapasach glikogenu w mięśniach i prawidłowym przebiegu glikolizy poubojowej, zawartość kwasu mlekowego może osiągnąć ok. 100 mg w 100 g mięsa, co powoduje wzrost stężenia jonów wodorowych w pierwszej godzinie *post mortem* i obniżenie pH 5,5 do 5,6. Tak duże zakwaszenie hamuje aktywność większości enzymów cyklu glikolitycznego i stwarza dogodne warunki do działania enzymów komórkowych lizosomalnych.

Szybkość glikolizy poubojowej można regulować metodami technologicznymi, tj. za pomocą temperatury ewentualnie elektrostymulacji [36, 37, 45, 51].

Temperatura i czas schładzania poubojowego tuszek drobiu mają zasadniczy wpływ na tempo wszystkich reakcji biochemicznych zachodzących w mięsie. Im wyższa temperatura mięśni, tym szybszy jest przebieg reakcji biochemicznych. Schłodzenie tuszek po uboju przeprowadzone w sposób prawidłowy spowalnia procesy poubojowe i obniżenie pH. Od tych czynników zależy jakość mięsa, a przede wszystkim jego właściwości technologiczne, takie jak: wodochłonność, zdolność do żelowania, stabilizowania emulsji oraz wykształcenie się pożądanych właściwości sensorycznych, to jest kruchości, smaku i zapachu. Wymienione wyżej właściwości mięsa kształtują się ostatecznie w trakcie procesu dojrzewania mięsa.

Przy intensywnym schładzaniu tuszek drobiu do temperatury bliskiej 0°C obserwuje się zjawisko nazwane skurczem chłodniczym (cold shortening). Najczęściej występuje ono w mięsie typowo czerwonym (bydło, owce, dziczyzna) [46]. Szerzej zjawisko skurczu chłodniczego u drobiu opisano w rozdziale 11.

## 6.2. Kontrakcja włókien mięśniowych

Problematyka przemian poubojowych w mięśniach drobiu jest przedmiotem licznych badań [1, 2], a zasadniczą kwestią jest czas wystąpienia **skurczu poubojowego** (*rigor mortis*) objawiającego się zesztynieniem mięśni. Wynika on z kontrakcji włókien mięśniowych po wyczerpaniu rezerw ATP, zakończenia glikolizy i zakwaszenia mięśni do wartości pH 5,7–6,0. W większości prac ustalono, że czas wystąpienia *rigor mortis* w mięśniach drobiowych jest dużo krótszy, niż ma to miejsce u innych zwierząt rzeźnych. Niektóre badania [51, 52, 56] wskazują, że czas pełnego stężenia poubojowego występuje w 2 do 3 godzin po uboju, badania przeprowadzone w warunkach przemysłowych potwierdziły tę zależność, przy czym niektórzy autorzy podają jeszcze krótszy czas występowania *rigor mortis*, tj. nawet poniżej 1 godziny po uboju. W aktualnych pracach [51, 52] stwierdzono, że obniżenie ATP do 30% poziomu wyjściowego, wskazujące na początek *rigor mortis*, obserwowano pomiędzy pierwszą a drugą godziną *post mortem*.

Tempo przemian poubojowych zależy od wielu czynników natury zewnętrznej oraz czynników związanych ze stanem fizjologicznym organizmu. Do czynników zewnętrznych

zalicza się w pierwszym rzędzie temperaturę otoczenia oraz ciepłotę ciała ptaków. Im wyższa jest temperatura tuszek po uboju, tym szybciej dochodzi do przemian poubojowych, a w tym do *rigor mortis*. Również zakres skurczu pośmiertnego zależy w dużej mierze od temperatury, np. przy ok. 20°C stopień skrócenia włókien mięśniowych wynosi ok. 20%. Przy wyższych temperaturach otoczenia około 30°C skrócenie włókien może dochodzić nawet do 50% ich początkowej długości. Istotny wpływ również mogą mieć parametry poszczególnych operacji, związanych z oszałamianiem, ubojem i wykrwawieniem. Natomiast czynniki tzw. wewnętrzne to rodzaj metaboliczny mięśni, np. mięśnie jasne z uwagi na swój metabolizm glikolityczny ulegają wcześniej stężeniu poubojowemu. Czynnikiem kształtującym również tempo i kierunek przemian pośmiertnych jest podatność osobnicza na stres.

Z fizycznego punktu widzenia skurcz mięśni polega na skracaniu sarkomerów, wynikającym z tzw. **teorii ślizgowej Haxley'a**, z przesuwania się **miofilamentów cienkich względem miofilamentów grubych** [6, 52, 61, 62].

W czasie relaksacji długość sarkomeru wynosi ok. 2,0–2,5  $\mu\text{m}$ . [11], a w czasie skurczu może zmniejszać się maksymalnie o 60%. Główną rolę w przesuwaniu się miofilamentów odgrywają tzw. mostki poprzeczne wytworzone przez główki miozyny z miejscami aktywnymi filamentów cienkich (aktynowych). Wymienione mostki są elastyczne i mogą zmieniać położenie i kształt w trakcie skurczu. Dysocjacja mostków sprawia, że mięsień ulega rozkurczowi.

Fizjologicznym regulatorem skurczu mięśni są jony wapnia.  $\text{Ca}^{+2}$  wpływa na wzajemne oddziaływanie aktyny i miozyny za pośrednictwem przestrzennych przekształceń tropomiozyny i kompleksu troponinowego (zlokalizowanych w filamencie cienkim). W fazie spoczynkowej mięśnia wapń akumuluje się w retikulum sarkoplazmatycznym (RS) dzięki systemowi aktywnego transportu. Energia do transportu wapnia jest dostarczana z hydrolizy ATP. Za życia zwierzęcia transport jonów  $\text{Ca}^{+2}$  do siateczki sarkoplazmatycznej odbywa się cyklicznie na przemian z ich uwalnianiem do cytozolu.

Po ustaniu procesów życiowych nie następuje zwrotne pompowanie wapnia do retikulum. Jony  $\text{Ca}^{+2}$ , pozostając w cytozolu otaczającym sarkomer, powodują nieodwracalny skurcz, jeśli wyczerpane są zapasy ATP niezbędne do akumulacji jonów wapnia przez RS.

### 6.3. Dojrzewanie mięsa drobiowego

Dojrzewanie mięsa jest procesem endogennym, zaczynającym się bezpośrednio po uboju (po przerwaniu dostępu tlenu). Pierwszy etap tzw. wczesnych zmian poubojowych dotyczy przede wszystkim zmian na poziomie strukturalnym, co doprowadza do wystąpienia stężenia pośmiertnego i pogorszenia wszystkich cech funkcjonalnych mięsa. Wykształcenie się właściwych cech kulinarnych mięsa zachodzi dopiero w trakcie przechowywania w warunkach chłodniczych. Optymalna temperatura do prawidłowego przebiegu procesów dojrzewania mięsa drobiu – to temperatura od 0 do 7°C. W tym zakresie trwa ono ok. 36 godz., ale najczęściej mięso użytkowane do celów kulinarnych i przetwórczych jest już po 24 godz. *post mortem*. U zwierząt tzw. dużych czas dojrzewania jest znacznie dłuższy i wynosi: w przypadku mięsa wołowego przynajmniej 14 dni, cielęcego 7 dni, a wieprzowego ponad 60 godzin [37, 42, 43].

Tak zwane normalne dojrzewanie mięsa jest powodowane działalnością różnych grup enzymów endogennych, w wyniku czego dochodzi do proteolizy białek mięśniowych, a tym samym do kruszenia mięsa.

### Enzymatyczne kruszenie mięsa

Kolagen odgrywa istotną rolę w nadawaniu twardości mięsa bydłęcego, zwłaszcza starego bydła. Jest zdecydowanie mniej badań dotyczących kruszenia mięsa wieprzowego, a zwłaszcza drobiowego czy ryb. Obecnie uważa się, że w mięsie młodych ssaków oraz ptaków zasadniczy efekt na kruchość mięsa wywierają białka miofibrylarne i szkieletu komórkowego.

Największym problemem w przemyśle drobiarskim i mięsnym oraz konsumenta jest nieprzewidywalna twardość mięsa. Nie stwierdzono zależności ani stopnia, ani szybkości kruszenia od koncentracji proteinaz w mięsie [66]. Obserwacja zależności pomiędzy kruchością a degradacją białek miofibryli wskazuje jednakże na zaangażowanie proteinaz tkankowych w poubojowe kruszenie mięsa. Najbardziej istotne zmiany w czasie poubojowego dojrzewania mięsa dotyczą:

- degradacji titiny, która wiąże filamenty miozynowe na ich całej długości i nadaje im elastyczność,
- degradacji nebuliny,
- dezintegracji białek linii Z prowadzącej do fragmentacji miofibryli,
- degradacji desminy zlokalizowanej w otoczeniu linii Z,
- zaniku troponiny T i pojawienia się polipeptydu 30 kDa.

Degradacja białek linii Z i białek cytoszkieletu (titiny, nebuliny, desminy) kształtuje stopień kruszenia mięsa [12, 22, 64]. Aktywność enzymów endogennych tkanki mięśniowej w kruszeniu mięsa zależy od dwóch warunków:

- muszą być wewnętrznymi enzymami komórkowymi,
- muszą mieć dostęp do miofibryli.

Te warunki spełniają katepsyny, natomiast badania ostatnich lat wskazują na ograniczoną rolę katepsyn w poubojowej proteolizie białek miofibrylarnych. Między innymi dlatego, że działanie katepsyn jest dopiero możliwe po ich uwolnieniu z lizosomów. Dopiero uszkodzenie, rozerwanie ścian komórkowych umożliwia uwolnienie enzymów i proteolizę miozyny, aktyny oraz białek regulujących skurcz mięśniowy. W pierwszych dniach po uboju nie obserwuje się degradacji miozyny i aktyny, stąd zasadniczą rolę katepsyn w tym procesie się kwestionuje. Jednakże uważa się, że pewną rolę katepsyny mogą odgrywać, bowiem ich działanie wyjaśnia niektóre z biochemicznych i strukturalnych zmian w mięśniach po uboju, których nie można tłumaczyć aktywnością kalpain [48]. Kalpaina powodują degradację titiny, nebuliny, desminy, jak również białek regulujących skurcz, tj. troponinę I, tropomiozynę i białko C. Stopień degradacji tych białek ma decydujące znaczenie w kruszeniu mięsa.  $\mu$ -kalpaina zaraz po uboju jest nieaktywna. Jej uaktywnienie w mięsie następuje jednocześnie ze wzrostem stężenia jonów wapnia do  $10^{-4}$  mola i po obniżeniu pH do wartości 6,1. W mięsie bydła następuje to po ok. 6 godz. [14]. Wzrost stężenia jonów  $\text{Ca}^{+2}$  jest wynikiem uruchomienia pompy wapniowej ze zmienionego proteolitycznie retikulum sarkoplazmatycznego.

Większa część aktywowanej  $\mu$ -kalpaina jest związana przez kalpastatynę. Wraz z dalszym obniżaniem pH słabnie wiązanie aktywnej kalpaina przez inhibitor, a ilość uwol-

nionego enzymu wzrasta. Przy pH 5,5–5,7 tylko ok. 3% kalpajny jest unieruchomione przez kalpastynę. Uaktywniona wolna  $\mu$ -kalpajna wywołuje skruszenie mięsa w pierwszych godzinach po uboju. Po około 16 godz. od uboju aktywują się kalpajny i uczestniczą w dalszym kruszeniu mięsa.  $\mu$ -kalpajna uaktywnia się w niskim pH we względnie niskiej temperaturze otoczenia. Proces kondycjonowania mięsa trwa do wyczerpania się aktywności kalpajny lub ich inaktywacji w czasie ogrzewania. W zaawansowanej autolizie mięsa ma miejsce inaktywacja m-kalpajny, ale nie  $\mu$ -kalpajny. Ilościowy stosunek kalpastajny do kalpajny wynosi od 1,5 do 4,1. Do inibowania  $\mu$ -kalpajny potrzeba dwa razy więcej inibitora niż do hamowania m-kalpajny.

Funkcjonuje również teoria „kruszenia wapniowego”, która sugeruje brak udziału egzogennej proteaz w degradacji białek cytoszkieletowych a jedynie udział jonów wapnia w dekompozycji takich białek, jak desmina, titina i nebulina [63]. Dodatkowo, wyniki eksperymentów z naturalnymi enzymami mięsa, takimi jak proteinazy serynowe, asparaginowe oraz cysteinowe przy aktywowaniu i inibowaniu ich w miejscu ich pierwotnej lokalizacji prowadzą do wniosku, że istnieją relacje między kruchością mięsa a aktywnością proteinaz cysteinowych [67]. Podsumowując, można stwierdzić, że  $\mu$  i m-kalpajny są odpowiedzialne za kruszenie mięsa. Wielu badaczy twierdzi, że  $\mu$ -kalpajna ma bardziej znaczący wpływ na kruszenie mięsa z powodu wyższej aktywności proteolitycznej i odporności na autolizę. Również pewną rolę w kruszeniu mięsa przypisuje się kompleksowi multikatalitycznych proteinaz (MPC). Jednak nie uczestniczą one w pośredniej przemianie białek, gdyż kompleks ten nie jest aktywny przy pH <7,0 [27]. Katepsyny odgrywają drugorzędną rolę w kruszeniu mięsa i tylko, gdy są uwolnione z lizosomów. Degradacja białek cytoszkieletu komórkowego powoduje uszkodzenie struktury sarkomeru i dotyczy takich białek, jak nebulina, titina, desmina w mięsie ssaków [47] i drobiu [23]. Teoria wapniowa degradacji białek szkieletu komórkowego wymaga dalszych badań.

### **Kształtowanie kruchości i soczystości mięsa drobiu w procesach dojrzewania**

W wyniku dojrzewania kształtowane są dwie zasadnicze cechy jakościowe mięsa drobiu, tj. kruchość i soczystość. Ugruntowany jest pogląd o decydującym wpływie białek miofibrylarnych i ich stanu w fazie kontrakcji na kształtowanie kruchości mięsa. Istotne znaczenie ma także stan białek cytoszkieletowych utrzymujących integralność miofibryli i ich powiązanie z sarkolemmą. Kształtowanie kruchości przez białka cytoszkieletu jest tym bardziej ważne, że są one w większości podatne na procesy proteolizy endogennej przebiegającej w trakcie przemian poubojowych [51].

Kruchość mięsa zwierząt rzeźnych jest wypadkową budowy morfologicznej tkanki mięśniowej, a szczególnie rozmiarów włókien mięśniowych, stanu ich kontrakcji, a także ilości i dystrybucji tkanki łącznej oraz udziału poszczególnych jej form (epimysium, perimysium). Mięśnie młodego drobiu rzeźnego charakteryzują się cieńszymi w porównaniu do innych gatunków zwierząt rzeźnych włóknami mięśniowymi oraz małą ilością tkanki łącznej zarówno śródwłóknkowej, jak i międzywłóknkowej, co powoduje, że kruchość mięsa drobiu po obróbce termicznej jest wysoka [5, 37].

Uważa się, że wpływ stanu tkanki łącznej, a przede wszystkim jej głównego składnika kolagenu, na kruchość jest nieznaczny, gdyż udział tego białka w mięśniach młodego drobiu jest niski, i jest ono w małym stopniu usieciowane. Przemiany tkanki łącznej

zachodzą jednak w czasie dojrzewania, gdyż Liu i in. [31] wykazali zmiany degradacyjne w endomysium mięśni kurcząt w 5 godz. *post mortem*, a w perymysium 12 godz. po uboju. Zmiany te są wywołane prawdopodobnie przez katepsyny lub glikozydazę lizosomalną, chociaż aktywne wobec białek tkanki łącznej (również elastyny) mogą być enzymy kompleksu multikatalitycznego.

Wpływ kolagenu na kruchość jest istotny w mięsie ptaków starszych, szczególnie kur niosek. Mięso takie musi być poddane dłuższemu okresowi dojrzewania, co sprzyja wzrostowi drobnoustrojów, a efekt proteolizy jest wypadkową działania enzymów pochodzenia mikrobiologicznego i endogennych. Skrócenie okresu dojrzewania uzyskuje się w odniesieniu do tego mięsa w wyniku marynowania kwaśnego, nastrzyku solanki (NaCl), jak również w wyniku nastrzyku solami wapnia stymulującymi działanie kalpain [29].

Wskaźnikiem przebiegu zmian dojrzewalniczych w czasie poubojowego, chłodniczego przechowywania jest wzrost pH tkanki mięśniowej związany z rozkładem kwasu mlekowego, jak również procesami proteolizy prowadzącej do rozkładu białek na peptydy, a w dalszej kolejności aminokwasy. Są one następnie rozkładane przez deaminazy do amoniaku i amin powodujących alkalizację mięsa. Uważa się, że wzrost pH powyżej wartości 6,5 wskazuje na daleko zaawansowane dojrzewanie mięsa sprzyjające rozwojowi mikroflory, szczególnie gnilnej, co w konsekwencji może prowadzić do zepsucia mięsa [37].

Wystąpienie pełnego *rigor mortis* w mięśniach drobiu ma miejsce po 2–2,5 do 5 godz., a minimum pH związane z przyrostem ilości kwasu mlekowego jest osiągane po 2–8 godz. *post mortem*. Natomiast najniższą kruchość oznaczono w mięśniu piersiowym kurcząt w 6 godz. *post mortem*, a w mięśniach udowych już po 3 godz. po uboju [50].

Wzrost kruchości, związany z ustąpieniem stężenia pośmiertnego, ma miejsce pomiędzy 18 a 24 godziną *post mortem* zarówno w mięśniach kurcząt o przewodze włókien białych, jak i czerwonych. Mc Kee i in. [34] wykazali wysoką wartość siły tnącej (STn), wskazującą na niską kruchość mięśni piersiowych kurcząt po 24 godz. *post mortem*. Istotny przyrost kruchości (spadek wartości STn) nastąpił po 72 godz. przechowywania chłodniczego mięśni. Cytowani autorzy wykazali znaczne zaawansowanie proteolizy poubojowej po 48 godz. *post mortem*. Natomiast po 72 godz. od uboju aktywność kalpain i części katepsyn w mięśniach drobiu jest resztkowa [26].

Temperatura w czasie dojrzewania ma zasadnicze znaczenie w kształtowaniu kruchości. *Rigor mortis* w mięśni piersiowym w zależności od temperatury otoczenia w czasie dojrzewania (przechowywania) występuje w 0°C po 5,5 godz., w 23°C po 4,5 godz. i w 41°C po 0,8 godz. [43].

Aktualnie uważa się, że zasadniczą przyczyną powszechnie obserwowanego pogorszenia kruchości kulinarnego mięsa drobiu jest prowadzenie tzw. odkostniania na ciepło (hot deboning), po którym następuje szybkie chłodzenie i zamrażanie. Można wyróżnić 3 czynniki wpływające na obniżenie kruchości mięsa drobiu poddawanego wykrawaniu w stanie ciepłym: fizyczna stymulacja mięśni w czasie wykrawania i cięcia, zimne skrócenie mięśni po usunięciu skóry i odcięciu od kości wynikające z szybkiego wychładzania tak przygotowanego mięsa oraz brak przeciwdziałania kontrakcji przez szkielet po zbyt wczesnym, tj. przed wystąpieniem *rigor mortis* wykrawaniu mięśni. Problem łykowatości dotyczy głównie mięśnia piersiowego, który jest wykrawany z tuszki w czasie kilkudziesięciu minut *post mortem* i poddawany szybkiemu kontaktowemu zamrażaniu. W przypadku obróbki termicznej mięsa w stanie *pre rigor* może nastąpić tzw. skrócenie ciepłe (heat shortening) obniżające kruchość [49].



Ze względu na kwestie techniczne związane ze zmiennością w przemyśle drobiarskim wielu przetwórców przechowuje tuszki przed wykrawaniem mięśni przez 8–12 godz., co zapewnia odpowiednią kruchość mięsa kulinarnego. Chociaż niektórzy autorzy podają, że odkostnianie mięsa w 3,3 godz. *post mortem* nie powoduje pogorszenia jego kruchości, zaleca się, biorąc pod uwagę odpowiedni margines bezpieczeństwa, dojrzewanie mięsa drobiu przed wykrawaniem przez co najmniej 4 godz. w temperaturze równej lub niższej niż 4°C. Ze względu na uzyskanie wyrównanej kruchości w całej partii kurcząt przechowuje się tuszki lub piersi z kością do 6–8 godz. *post mortem*, tj. co najmniej 2,5–4,5 godz. po wychłodzeniu immersyjnym lub owiewowym. Nie należy dokonywać rozbioru i wykrawania mięsa przed ustąpieniem *rigor mortis*, a w żadnym wypadku bezpośrednio przed maksymalną kontrakcją, tj. w czasie 2–4 godz. *post mortem* [50].

Kruchość mięsa drobiu zaczyna wzrastać po 6 godz. przechowywania chłodniczego (a więc 7–8 godz. *post mortem*). Proces ten trwa w miarę wydłużania przechowywania do 24 godz. *post mortem*, przy czym największa dynamika zmian kruchości występuje w pierwszych godzinach po maksymalnej kontrakcji mięśni [32].

Procesy dojrzewania można przyspieszyć w wyniku podniesienia temperatury. W związku z powyższym podejmowano różne próby kondycjonowania tuszek w temp. ok. 30°C oraz przeprowadzono badania modelowe dotyczące przebiegu przemian poubojowych w temp. 20 i 40°C. Istotnym problemem jest wówczas stan sanitarny tuszek, który ulega zasadniczemu pogorszeniu, szczególnie przy wydłużeniu okresu wysokiej temperatury otoczenia do kilku godzin. Podniesienie temp. do 40°C prowadzi do pogorszenia kruchości mięsa po obróbce termicznej. Na kruchość nie wpływa natomiast przechowywanie (kondycjonowanie) w temp. poniżej 20°C [36]. Przeprowadzono także badania, porównując przechowywane mięśnie (wykrawane natychmiast po uboju) w 0 i 12°C, a następnie poddane dojrzewaniu przez 3 godz. w 2°C, nie wykazując różnic w kruchości mięsa. Także przechowywanie mięśni ciepłych nieschłodzonych od 15 min do 2 godz. *post mortem* nie wpływa na kruchość mięsa po wychłodzeniu [29]. Osobną kwestią omówioną w rozdziale 9.1 jest zastosowanie elektrostymulacji do poprawy kruchości mięsa, a także wpływ metod oszałamiania na tę cechę jakościową.

Soczystość jest jednym z zasadniczych sensorycznych wskaźników tekstury mięsa kulinarnego, a na wrażenie soczystości będące wypadkową szeregu czynników składają się m.in. [33]:

- ilość soku (wody uwalnianej w fazie rozdrabniania i mastyfikacji – zucia mięsa),
- odczucie wilgotności powierzchni mięsa.

**Soczystość jest uwarunkowana [37]:**

- stopniem związania wody po obróbce termicznej;
- stopniem przetłuszczenia mięsa – szczególnie w przypadku mięsa drobiu – gdyż dominują w nim lipidy z dużym udziałem kwasów nienasyconych o niskiej temperaturze topnienia;
- stanem kontrakcji mięśni, w tym występowaniem odchyłań jakościowych typu wodnistości, powodujących duży wyciek w czasie obróbki cieplnej.

Wysoka wodochłonność i zdolność utrzymania wody występuje bezpośrednio po uboju (do 1 godz. *post mortem* – tzw. mięso ciepłe) oraz po zakończeniu procesu dojrzewania, tj. co najmniej po 24-godz. chłodniczym przechowywaniu. Minimalna zdolność utrzymania wody, a co za tym idzie, niska soczystość mięsa drobiu po obróbce termicznej występuje po ok. 5 godz. od uboju [32]. Wysoka soczystość mięsa jest osiągnięta dopiero po

procesie dojrzewania. Koncepcje wzrostu wodochłonności mięsa po ustąpieniu *rigor mortis* wiążą się z degradacją cytoszkieletu w wyniku proteolizy, która prowadzi do osłabienia skurczu włókna i umożliwia powrót wody wyciśniętej poza włókno do środka komórki. Podobne teorie dotyczą powiększania i zmniejszania się przestrzeni pomiędzy pęczkami włókien mięśniowych a perimysium i endomysium w stanie *rigor* i *post rigor* [13].

Zdolność utrzymania wody zależy od pH mięśni. Przy pH ok. 5,2, a więc zbliżonym do pI miozyny nie występuje ładunek na miofilamentach, w pH wyższych, a więc po ustąpieniu *rigor mortis* wodochłonność rośnie w dużej mierze dzięki negatywnemu ładunkowi na miofilamentach [5]. Istotnym czynnikiem wpływającym na soczystość mięsa po obróbce termicznej jest zawartość tłuszczu międzymięśniowego. Ze wzrostem jego udziału wrazenie soczystości rośnie, stąd m.in. wrazenie wyższej soczystości mięśni nóg niż piersiowych. Istotnym czynnikiem jest także wyższe pH mięśni o przewodze włókien czerwonych, pozwalające na związanie większej ilości wody własnej i dodanej w porównaniu do mięśni piersiowych o przewodze włókien białych [37].

Wrazenie soczystości nie jest skorelowane z wysoką zawartością wody w mięsie, gdyż przy niskim stopniu jej utrzymania jest ona uwalniana już w fazie wstępnego rozdrabniania mięsa, powodując odczucie „wodnistości”. Korzystne jest natomiast stopniowe uwalnianie soku w fazie mistyfikacji, niepowodujące wrażenia suchości mięsa. Generalnie można stwierdzić, że soczystość jest zależna od przebiegu zmian wodochłonności mięsa w trakcie przebiegu zmian poubojowych, ale tylko w fazie ustępowania *rigor mortis*. Wtedy jednocześnie ze wzrostem pH i lepszą zdolnością utrzymania wody poprawia się soczystość mięsa [13]. Generalnie, ze względu na kształtowanie pożądanej jakości mięsa, w tym cech smakowo-zapachowych (patrz rozdział 9.3), dopiero po dojrzewaniu soczystość mięsa kulinarnego drobiu jest kojarzona z „drugim” szczytem wodochłonności (pierwszy dotyczy mięsa ciepłego), a więc w fazie ustępowania stężenia poubojowego [10].

Część wyżej opisanych zależności pomiędzy przebiegiem przemian poubojowych a kształtowaniem kruchości dotyczy też soczystości mięsa. Zmiany soczystości mięsa w różnych fazach po uboju nie pokrywają się jednak dokładnie ze zmianami kruchości; np. po 2 godz. od uboju kruchość mięsa piersiowego jest niska i wzrasta po 24 godz. przechowywania chłodniczego, natomiast soczystość po 2 godz. jest jeszcze wysoka, by po 24 godz. uzyskać zbliżone lub niższe wartości jak po 2 godz. *post mortem*. Mięśnie piersiowe przechowywane w warunkach chłodniczych przez 2 i 6 godz. wykazują niską soczystość. Tendencję wzrostu soczystości odnotowano dopiero po 24-godzinnym przechowywaniu [32]. Spośród czynników przyżyciowych prawidłowe głodzenie drobiu powoduje wzrost pH mięsa po uboju i poprawia zdolność utrzymania wody [39]. Natomiast stres zarówno termiczny, związany z niskimi i wysokimi temperaturami w transporcie, jak i powstający przy czynnościach związanych z postępowaniem przedubojowym obniża zdolność utrzymania wody przez mięso, a tym samym soczystość. Zdolność utrzymania wody po dojrzewaniu mięsa w wysokich temperaturach (40°C) ulega znacznemu obniżeniu, co pogarsza nie tylko soczystość, ale również inne wyróżniki jakościowe, w tym kruchość [36].

## 6.4. Wady metaboliczne mięśni

Mięso drobiu jako produkt spożywczy musi odznaczać się przede wszystkim określoną jakością. Jakość, według kryteriów współczesnych, jest cechą dynamiczną zmieniającą się w zależności od surowca i wymogów rynku [44]. Z uwagi na postępującą w ostatnich latach znaczną intensyfikację procesu produkcji drobiu rzeźnego oraz wyselekcjonowanie wysoko wydajnych mieszańców zaobserwowano powstawanie różnych tzw. odchyłeń jakościowych w mięsie, które obniżają jego przydatność konsumpcyjną i technologiczną.

W porównaniu z mięsem dużych zwierząt rzeźnych mięso drobiu jest w mniejszym stopniu narażone na powstawanie różnych wad metabolicznych, a to z uwagi na krótki okres życia i użytkowania. Niemniej jednak w ostatnim okresie należy odnotować duże zainteresowanie występowaniem wad mięsa drobiu [21, 41, 66].

Intensywna selekcja drobiu ze względu na tempo wzrostu i udział mięsa w tuszce wydaje się prowadzić (podobnie, jak ma to miejsce w przypadku trzody chlewnej) do przekroczenia pewnych metabolicznych i anatomiczno-histologicznych granic, co objawia się u ptaków skłonnością do powstawania negatywnych zjawisk w tkance mięśniowej. Niektóre badania [3, 4] dowodzą, że podobnie do występowania genetycznego syndromu stresu u trzody chlewnej (PSS), u ptaków występuje syndrom stresowy (ASS) powodujący obniżenie cech przetwórczych oraz konsumpcyjnych mięsa.

Występowaniu powyższych odchyłeń towarzyszą często różnego typu miopatie i zwyrodnienia mięśni. Na przykład u szybko rosnących indyków i kurcząt (o dobrze wykształconych mięśniach piersiowych) obserwuje się przyspieszenie procesów glikolizy poubojowej, co w konsekwencji doprowadza do objawów zbliżonych do wady PSE. Podejrzewa się w tym przypadku występowanie defektu genetycznego w obrębie receptora ryadynowego [66]. Wylimitowanie niepożądanych cech jakości produktu (wywołane przez czynniki genetyczne), przy użyciu nowoczesnych metod hodowlanych, jest żmudne i wymaga dłuższego czasu, dlatego postęp w tej dziedzinie jest stosunkowo niewielki.

Nie zauważono podobnych problemów w mięsie drobiu wodnego (gęsi, kaczki), ponieważ największy mięsień piersiowy u tego gatunku zbudowany jest prawie w 80% z włókien czerwonych, podczas gdy u kur lub indyków prawie cały mięsień składa się z włókien białych [60, 65]. Jedynie w mięśniu piersiowym kaczek zauważono tzw. dwubarwność mięśni, co może świadczyć o nietypowych zmianach w tym mięśniu. Wada PSE (*pale, soft, exudative* – jasne, miękkie, wodniste) jest najważniejszym odchyleniem jakościowym występującym w mięsie wieprzowym, będącym od lat przedmiotem zainteresowania naukowców i praktyków [35, 58].

Mechanizm powstawania wady PSE w mięsie drobiu jest mniej rozpoznany niż w mięsie wieprzowym. Współcześnie powstawanie wady PSE tłumaczy się zaburzeniami metabolitycznymi i biochemicznymi zachodzącymi w mięśniach jasnych – piersiowych indyków i kurcząt. Dotychczasowe badania [3, 35] wskazują, że zmiany metaboliczne węglowodanów oraz przyspieszone reakcje biochemiczne są uwarunkowane genetycznie albo bezpośrednio spowodowane zaburzeniami systemu neurohormonalnego, złym funkcjonowaniem układu oddechowego, co doprowadza do deficytu tlenu w organizmie. Bezpośrednią jednak przyczyną występujących dysfunkcji w organizmie może być stres. Wysoka zawartość kwasu mlekowego, który nagromadza się w mięśniach piersiowych drobiu grzebiącego, jest związana z typem metabolicznym włókien. Mięśnie piersiowe (jasne) u drobiu, w których ma miejsce metabolizm glikolityczny, są szczególnie narażone

na działanie czynników stresogennych, a tym samym na powstawanie wad jakościowych charakterystycznych dla mięsa PSE.

**Mięso wodniste (PSE) ma miękką konsystencję, wilgotną powierzchnię oraz jasną barwę.** Charakteryzuje się niskim pH<sub>1</sub> po uboju – w zakresie 5,4–5,7 – oraz małą wodochłonnością. Wymienione cechy obniżają wartość przetwórczą takiego mięsa. Występowanie symptomów wady PSE w mięśniach piersiowych kurcząt, według danych amerykańskich, może dotyczyć od 2 do 20% mięsa przeznaczonego do przetwórstwa [19]. Według innych badań [54] ponad 35% przebadanej w warunkach przemysłowych populacji kurcząt wykazywało znamienne rozjaśnienie barwy, sugerujące związek z wadą PSE. Lesiów [30] w swoich badaniach również stwierdza, że ponad 20% przebadanych kurcząt charakteryzowało się objawami wady wodnistości, co w odniesieniu do ekonomiki przemysłu drobiarskiego nie jest korzystne. Owens i in. [40] uważają, że na skutek denaturacji białek sarkoplazmatycznych przepuszczalność promieni świetlnych ulega zmniejszeniu, stąd pochodzi jasna barwa mięśni.

W Polsce pierwsze badania, w których wykazano, że wada wodnistości dotyczy mięsa drobiu, wykonano w Akademii Rolniczej w Poznaniu pod kierunkiem prof. Adama Niewiarowicza. Do dziś stanowią one podstawę wiadomości z zakresu wodnistości mięsa kurcząt [38, 65].

**Czystym stymulatorem powstawania różnych wad jest działanie stresów zewnętrznych** (np. stres transportowy), które w efekcie doprowadzają do powstawania w mięsie wad PSE lub DFD. Wśród wielu czynników stresotwórczych tylko nieliczne zostały przebadane, zwłaszcza w odniesieniu do drobiu. Na przykład jednym z ważniejszych czynników stresogennych może być „**stres cieplny**”, czyli niewłaściwie dobrana temperatura (zbyt wysoka lub zbyt niska). W niektórych badaniach [9, 16] wykazano, że przedłużający się stres cieplny (temp. 38–32°C) wpływa na kształtowanie jakości mięsa indyków, które w tych warunkach charakteryzowało się szybszym rozkładem glikogenu i nagromadzeniem kwasu mlekowego, co w efekcie dało objawy typowe dla mięsa PSE. Według Lesiowa [30] mięśnie kurcząt przetrzymywane w temp. 38°C przed ubojem charakteryzowały się dużym wyciekami soku tkankowego i gorszą kruchością mięsa.

Natomiast Froning i in. [17] zwracają uwagę, że przedubojowe podniecenie i niewłaściwe traktowanie ptaków powoduje koncentrację barwników hemowych i cytochromu C, co ma wpływ na poubojowe pociemnienie barwy mięśni. Z reguły mięśnie ptaków poddanych długotrwałemu stresowi przedubojowemu (np. niewłaściwe warunki transportowe) charakteryzują się ciemniejszą barwą, wysokim pH, ograniczonymi zapasami glikogenu, mięso takie wykazuje symptomy wady DFD. Podobne obserwacje poczyniła w swoich badaniach Smolińska i in. [54], natomiast Chen i in. [9] podobne zmiany zaobserwowali u kaczek.

Stresory zewnętrzne działają na układ neurohormonalny organizmu, powodując zachwianie równowagi neurohormonalnej, co może doprowadzić do zmian fizjologicznych, a nawet morfologicznych. Tego typu zmiany są w zasadzie nieodwracalne, a w wielu przypadkach mogą spowodować zejście śmiertelne.

Organizm ptaków żyjących w stadzie wykazuje indywidualne reakcje na działanie stresów, dlatego ujawnienie się pewnych zmian patologicznych teoretycznie stanowi tylko jakiś procent w stosunku do całej populacji [7].

**Według Seylego [53] mogą zachodzić trzy różne reakcje w organizmie ssaków i ptaków w odpowiedzi na stres:**

- **reakcja obronna organizmu,**
- **reakcja adaptacyjna organizmu w stosunku do powstałej sytuacji,**
- **brak reakcji i powstanie zmian patologicznych lub zejście śmiertelne.**

W trakcie intensywnego wychowu ptaków dochodzi do permanentnego działania stresorów, wśród których można wydzielić stresory fizyczne powstałe w trakcie załadunku i wyładunku oraz transportu ptaków. Takim nietypowym stresem może być zbyt wysoka temperatura, niektóre zabiegi pielęgnacyjne wykonywane zbyt brutalnie przez pracowników obsługi, szczepienia ochronne, choroby, niespodziewana zmiana diety itp. Mogą również występować tzw. stresy chemiczne, np. zbyt duże stężenie amoniaku lub siarkowodoru w wychowalni albo kurniku, reakcje na podane leki lub skażenie środowiska, np. metalami ciężkimi. Istnieją też stresory psychiczne wywołane strachem, zbyt dużym hałasem albo zakłóceniem w hierarchii społecznej stada. Praktycznie wszystko może doprowadzić do negatywnych reakcji w organizmie ptaków, dlatego jednym z ważniejszych zadań hodowlanych jest zwiększenie odporności ptaków na stresy poprzez selekcję w kierunku spokojnego temperamentu ptaków.

Stresory działają najczęściej równocześnie i trudno temu zapobiec. Można jednak stres ograniczyć, a tym samym zmniejszyć jego skutki negatywne, np. przez dodatek witaminy C, która zmniejsza podatność na występowanie wady wodnistości u kurcząt prawie o 50%, jak również przeciwdziała powstawaniu innych zmian w mięsie [38, 41].

**Oddziaływanie środowiska na zwierzęta hodowlane jest wypadkową oddziaływania bodźców i fizjologicznej zdolności ptaka do właściwej na nie reakcji.** W pewnych okolicznościach mogą zachodzić jednak tzw. procesy niespecyficzne, kiedy bez względu na rodzaj i siłę bodźca organizm reaguje, przechodząc w stan ogólnego stresu, co objawia się gwałtownym wzrostem ciśnienia krwi, tonusem mięśni, przyspieszeniem rytmu oddechowego i poziomu cukru we krwi, jak i podwyższeniem temperatury ciała. Wydzielanie do krwiobiegu amin takich jak epinefryna mocno aktywizuje rozkład glikogenu w wątrobie wszystkich gatunków ptaków. Wzrost stężenia kortykosteroidów również indukuje wzrost glukozy we krwi i nasilenie glikogenolizy – glikolizy przy braku tlenu, doprowadzając do nagromadzenia się kwasu mlekowego i obniżenia pH w tkance mięśniowej. Starając się podsumować przyczyny powstawania wady PSE, można wymienić trzy zespoły przyczyn: zaburzenia metabolizmu w mięśniach, zaburzenia w obiegu hormonów i wady w obiegu lub transporcie tlenu, które wzajemnie ze sobą powiązane powodują niedotlenienie w organizmie, a co za tym idzie – przyspieszenie glikolizy [35].

W przemyśle drobiarskim zwraca się uwagę na cechy występujące w mięsie, które mają znaczenie w przetwórstwie lub są ważne dla konsumenta. W zakresie oceny sensorycznej dobrą jakością charakteryzuje się mięso drobiowe (drobiu grzebiącego), które ma jasną lub lekko kremową barwę, a z punktu widzenia technologicznego charakteryzuje się dobrym utrzymywaniem wody własnej i dodanej. Jednym z ważniejszych wskaźników jakości mięsa jest pH wynikające z szybkiego nagromadzenia się kwasu mlekowego *post mortem*, z równoczesnym rozjaśnieniem barwy. Stwierdzono jednak doświadczalnie, że pomiary powyższych parametrów bezpośrednio po uboju przynoszą często duże rozrzuty wyników i nie zawsze zachodzi bezpośrednia zależność pomiędzy niskim pH, jasną barwą mięśni i innymi parametrami technologicznymi, np. wodochłonnością. Wobec

powyższego, dokładne zdiagnozowanie występowania wady PSE u drobiu jest dosyć trudne, co potwierdzają dane literaturowe [30, 54, 55, 59].

Jasność barwy jest teoretycznie wyznaczana na podstawie wartości granicznej parametru  $L^*$ , co pomaga przeprowadzić klasyfikację odchyleń jasności barwy w mięśniach kurcząt lub indyków. Jako wartość graniczną parametru jasności barwy  $L^*$  decydującą o zaklasyfikowaniu próbki badanego mięsa do grupy bardzo bladych niektórzy autorzy [21, 30] przyjęli wartość najniższą – zmierzoną doświadczalnie wartość  $L$  (najczęściej  $L=53$ ). Wprowadzenie wartości granicznej spowodowało, że ponad 33% badanej populacji zakwalifikowano jako mięśnie o bladym – rozjaśnionym zabarwieniu [55]. Można zatem sądzić, iż znaczna część mięsa kurcząt kierowanego na rynek odznacza się nietypową barwą, co można uznać jako symptom występowania wady PSE. Rozjaśnienie barwy mięśni piersiowych i udowych kurcząt może mieć też inne pochodzenie, np. według Połtowicz [44], przyczyną może być zbyt niska zawartość barwników hemowych w mięśniach lub niezdolność ptaków do koncentracji barwników korotenoidowych z paszy. Jak wynika z powyższych rozważań, problem rozjaśnienia barwy mięśni drobiu grzebiącego nie jest jednoznaczny i wymaga dalszych systematycznych badań.

Zmiany typu PSE występujące w mięśniach piersiowych kurcząt i indyków są często połączone ze zmianami występującymi na poziomie strukturalnym. Ukierunkowana selekcja na szybkie tempo wzrostu i zwiększenie masy mięśnia piersiowego jest najczęściej przyczyną pojawiania się zmian zwyrodnieniowych (miopatia), związanych np. z dystrofią [20].

**Dystrofia mięśniowa** najczęściej objawia się jako atrofia, czyli zanik mięśnia, czasami jako hipertrofia, tzn. przerost mięśnia. Charakterystyczną cechą widoczną gołym okiem jest prążkowanie mięśnia piersiowego, o czym wspomniano już wyżej. Dystrofia może występować również w mięśniach nóg, np. obserwowano u kaczek niedowład nóg spowodowany dystrofią.

W mikroskopie zmiany dystroficzne charakteryzują się fragmentacją włókien mięśniowych, które doprowadzają do ich zaniku i powstawania mioblastów oraz występowania włókien olbrzymich [25].

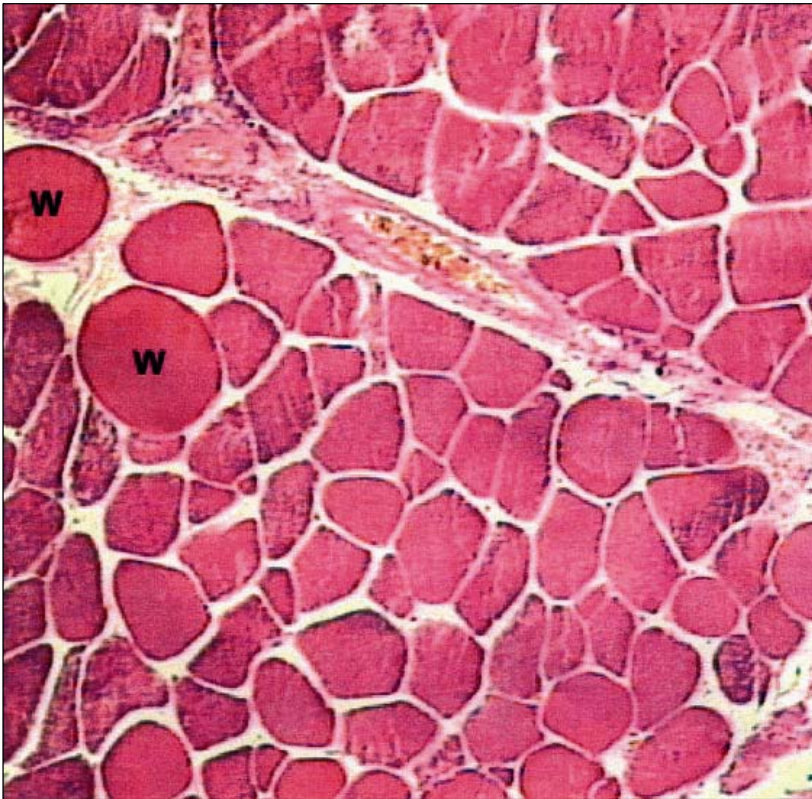
W mięśniach piersiowych kurcząt dystrofia i wodnistość mogą występować równocześnie i udowodniono wiele cech wspólnie występujących zarówno w mięśniach wodnistych, jak i z wadą dystrofii, na przykład może to być mniejsza masa mięśnia, jaśniejsza barwa, dwubarwność mięśnia lub prążkowanie, większa zawartość tłuszczu aniżeli w mięśniu normalnym i tym samym wyższy wyciek termiczny powstały w trakcie obróbki cieplnej. Stwierdzono też różnice w budowie histologicznej, takie jak luźna struktura w wyniku zwiększenia przestrzeni pomiędzy włóknami, występowanie martwicy włókienek (fagocytozy) oraz powstawanie tzw. włókien olbrzymich. Włókna olbrzymie uważa się za wskaźnik ogniskowych zmian miopatycznych będących konsekwencją szybkiego tempa wzrostu, zamkniętego systemu wychowu, przy ograniczonym ruchu ciała i braku dostępu światła naturalnego [20, 24, 57, 58]. Na reakcję negatywną organizmu ptaka ma również wpływ nieodpowiednio dobrana temperatura, zbyt wysoka lub odwrotnie, zbyt niska. Powstawanie dystrofii może też mieć podłoże genetyczne, czyli być dziedziczną predyspozycją do powstawania zmian we włóknach mięśniowych. Mechanizm powstawania dystrofii mięśniowej ma skomplikowany charakter i nie jest do końca rozpoznany. Jedną z przyczyn powstawania wad w mięsie mogą być również stresi. Na przykład zmiany w mięśniach

indyków (piersiowych i udowych) dziko żyjących nazwano „miopatią łowną”, będącą wynikiem działania stresów [24].

Innym zjawiskiem patologicznym jest przerost mięśni (piersiowych) w okresie postnatalnym, który odbywa się przez hipertrofię, czyli zwiększenie grubości włókien mięśniowych, z czego wynikają istotne zmiany w procesie przemiany materii. Według Kłosowskiej i in. [24] zwiększenie masy mięśnia może odbywać się także poprzez rozrost istoty międzykomórkowej. Jednocześnie ze wzrostem grubości włókien można się spodziewać, u ptaków o bardzo szybkim tempie wzrostu, predyspozycji do miopatii.

Przyczyn powstawania zmian degeneracyjnych w mięśniach indyków (rzadziej kurcząt) można doszukiwać się w selekcji genetycznej, doprowadzającej do nadnormalnego zwiększenia średnic włókien mięśniowych, przy których dostawa tlenu przez kapilary jest niedostateczna i w efekcie doprowadza do niedotlenienia komórek mięśniowych i ich martwicy [60, 61].

Jak wynika z badań [28, 57], powstawanie włókien olbrzymich w mięśniu piersiowym kurcząt może mieć przyczynę w modyfikowanym systemie żywienia, np. dodatek oleju rzepakowego do paszy, jako źródła WNKT z grupy n-3, co prezentuje załączona fotografia 6.1.

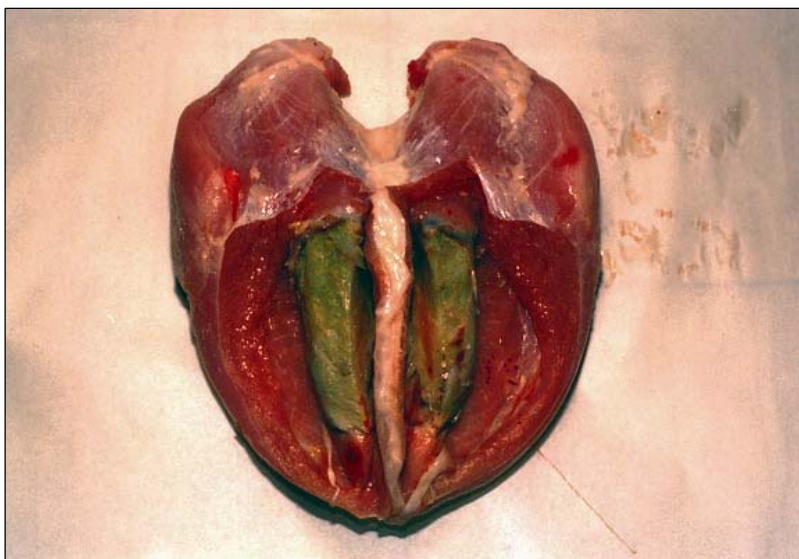


W – włókno olbrzymie

Fot. 6.1. Mięsień kurcząt żywionych WNKT

Ponadto żywienie wpływa również na powiększenie średnicy włókien mięśniowych (tab. 1). W przypadku indyków i kurcząt zaledwie 10% pogłowia spełnia obecnie warunki uzyskania większej liczby włókien mięśniowych w tkance mięśniowej (hiperplazja mięśni), co ma wpływ zasadniczy na polepszenie cech jakościowych mięsa, np. kruchości [24, 25, 29]

Jedną z ciekawszych, a stosunkowo mało rozpoznanych wad występujących w mięśniu piersiowym u indyczek jest tzw. **miopatia ogniskowa** lub choroba zielonych mięśni. Pierwsze przypadki tego schorzenia zaobserwowano w Kanadzie i zostały opisane przez Sośnickiego [59, 60]. Choroba zielonych mięśni jest wyłącznie notowana u ptaków określonych linii hodowlanych, charakteryzujących się szybkim tempem wzrostu i dużą masą ciała. Szczególnie dotyczy to indyczek niosek w wieku ok. 10 miesięcy i nieco starszych. Ogniskowa miopatia to choroba o niewyjaśnionej do końca etiologii. Cechuje ją m.in. martwica i zwyrodnienie mięśnia piersiowego oraz zgniłozielone zabarwienie. Istnieją hipotezy, że niepokojenie drobiu w czasie chowu lub przewozu doprowadza do emocjonalnego napinania mięśni. Występuje wówczas ucisk na naczynia krwionośne i zahamowanie dostępu tlenu do mioglobiny. W wyniku tego tworzą się pochodne mioglobiny o zielonym zabarwieniu. Uważa się też, że zmiany w mięśniu wewnętrznym (głębokim) są wynikiem urazów mechanicznych, które mogą doprowadzać do uszkodzenia naczyń krwionośnych i powstawania wylewów krwawych, co w konsekwencji doprowadza do martwicy włókien mięśniowych. Bardziej jednak wiarygodne wydają się być spostrzeżenia, że przyczyną negatywnych zmian są przede wszystkim zaburzenia w mechanizmie przemian energetycznych w mięśniu lub niedotlenienie, jak i predyspozycje genetyczne, ponieważ zauważalne zmiany dotyczą konkretnych linii hodowlanych indyków [55]. Fotografia 6.2 przedstawia mięśnie piersiowe wewnętrzne dotknięte chorobą tzw. „zielonych mięśni”, tego typu zmiany mogą powodować, że mięso jest nieprzydatne do celów kulinarnych i przetwórczych.



Fot. 6.2 . Zielone mięśnie



## 6.5. Streszczenie

W czasie skurczu mięśni filamenty aktynowe wślizgują się pomiędzy filamenty miozynowe, w wyniku czego dochodzi do skrócenia sarkomeru. Częsteczką miozyny zużywa energię uzyskaną z ATP do przesuwania się wzdłuż filamentu aktynowego. W stanie rozkurczu włókna mięśniowego poziom wewnątrzkomórkowego stężenia wolnych jonów  $\text{Ca}^{+2}$  w cytoplazmie jest niski. Przy wzroście stężenia jonów wapnia dochodzi do skurczu.

Glikoliza poubojowa jest źródłem ATP, który dostarcza energii do skurczu i rozkurczu. Końcowym efektem glikolizy poubojowej (w wyniku rozkładu glikogenu) jest nagromadzenie się mleczanu, który obniża pH tkanki mięśniowej. Stężenie pośmiertne u drobiu występuje w krótkim czasie po uboju, ok. 3–4 godz. *p.m.*

Proces dojrzewania mięsa drobiowego przebiega również szybko (w zależności od gatunku i temperatury), uważa się, że mięso drobiowe wykazuje wszystkie pozytywne cechy kulinarne już po 24 godz. od uboju. Kształtowanie cech sensorycznych i technologicznych mięsa związane jest ze zmianami biochemicznymi i proteolitycznym rozkładem białek mięśniowych. We włóknie mięśniowym funkcjonują dwa szlaki proteolityczne: lizosomalny i pozalizosomalny. Lizosomalna proteoliza zachodzi za pomocą enzymów lizosomalnych. Pozalizosomalny szlak degradacji białek przebiega za pomocą neutralnych i alkalicznych proteinaz. Jeżeli po uboju przemiany metaboliczne zostaną zakłócone, może dochodzić do powstawania wady PSE lub wady DFD w mięsie. Zmiany negatywne warunkowane są genetycznie lub stanowią wynik działania stresów zewnętrznych. Mogą wówczas występować różnego typu miopatie lub dystrofie włókien mięśniowych.

## Piśmiennictwo

- [1] Addis P.B.: 1986. Poultry muscle as food, [in:] Muscle as food, Ed. Bechtel P. J. Academic Press, London, 371–404.
- [2] Alberts B., Bray D., Lewis A., Raff M., Roberts K., Walter P.: 1999. Podstawy biologii molekularnej. Tłum. Michejda J., Augustyniak J., Ziemiński K., PWN, Warszawa, 517–148.
- [3] Barbut S.: 1998. Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry, *J. Muscle Foods* 9, 35–49.
- [4] Barbut S.: 1997. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *Br. Poultry Sci.*, 38, 355–358.
- [5] Barbut S.: 2002. Poultry products processing, CRC Press, Boca Raton.
- [6] Bendall J.R.: 1973. Postmortem changes in muscle, [in:] The structure and function of Muscle. Academic Press, N.Y., 227–274.
- [7] Benett M.R.: 1983. Development of neuromuscular synapses. *Physiol. Review* 63, 915–1408.
- [8] Bentley J.S.: 1999. Meat characteristics of turkeys, a breeders perspective. *Proceed. XIV Europ. Symp. Quality Poultry Meat, Bologna* 1, 9–1.
- [9] Chen M.T., Lin S.S., Lin L.C.: 1991. Effect of stresses before slaughter on changes to the physiological, biochemical and physical characteristics of duck muscle. *Br. Poultry Sci.*, 32, 997–1004.
- [10] Cross H.R., Durband P.R., Scidemon S.C.: 1986. Sensory qualities of meat, [in:] Meat as food. Ed. Bechtel P.J., Academic Press, Orlando.
- [11] Dąbrowska R.: 1998. Zjawiska ruchu w komórce, [w:] Podstawy cytofizjologii, Praca zbiorowa, Red. Kawiak J., Mirecka J., Olszewska M., Warchoń J. PWN, Warszawa 307–339.

- [12] Dąbrowska R., Grązkiewicz M.A.: 1995. Cytoszkielek komórki mięśniowej. *Post. Biochem.*, 41, 3, 165–174.
- [13] Dolatowski Z.J., Twardoń J.: 2002. Rola wody w mięsie. *Mięso i Wędliny* 8, 32–34.
- [14] Dransfield E.: 1993. Modelling post-mortem tenderisation-III, Role of calpains and calpastatin in conditioning. *Meat Sci.*, 34, 217.
- [15] Fischer K.: 2002. Jak ograniczyć wady mięsa (część pierwsza). *Mięso i Wędliny* 1, 24–28.
- [16] Fletcher D.L.: 2002. Poultry meat quality. *World's Poultry Sci. J.* 55, 3, 131–145.
- [17] Froning G.W., Barbji A.S., Mather F.B.: 1978. The effect of preslaughter temperature, stress struggle and anaesthetisation on colour and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Sci.*, 57, 630–633.
- [18] Goodsell David S.: 1995. Tajemnice życia. WNT, Warszawa, 35–53.
- [19] Hahn G., Malenica M., Muller W.D., Taubert E., Petrak T.: 2001. Putenbrustfleisch. *Fleischwirtschaft.*, 10, 120–122, *Mięso i Wędliny* 3 (2002), 26–29.
- [20] Hejnowska M., Kłosowska D., Bernacki Z.: 1997. Występowanie zmian histopatologicznych w m. *pectoralis superficialis* kur leghorn i plymouthrock. *Zesz. Nauk. PTZ, Prze. Hod.* 332–337.
- [21] Holhn G.: 2001. Charakteristik und Vorkommen von PSE Brustfleisch bei Hahnchen und Puten. *Fleischw.* 4, 124–201, *Mięso i Wędliny* 6, (2002) 46–51.
- [22] Kijowski J., Tomaszewska-Gras J., Schreurs F.J.G.: 1998. The effect of the time post mortem and temperature and storage on titin and nebulin degradation in broiler muscle. *Proceed. 10<sup>th</sup> Europ. Poultry Conf. Jerusalem*, 655.
- [23] Kijowski J.: 2001. Muscle proteins, [in:] *Chemical and functional properties of proteins*, Ed. Z.E. Sikorski, Technomic Publ. Co Lancaster PH, 233.
- [24] Kłosowska D., Lewandowska M., Puchajda H.: 1999. Zmiany histopatologiczne w mięśni piersiowym powierzchniowym (m. *pectoralis superficialis*) indyczek z różnych grup genetycznych. *Zesz. Nauk., Prze. Hod.*, 45, 73–81.
- [25] Kłosowska D., Faruga A., Puchajda H., Luther R., Elminowska-Wende G., Hojnowska M.: 1999. Fat content and some physico-chemical properties of breast and thigh muscle in turkeys of different genotypes. *Proceed. XIV Europ. Symp. Quality Poultry Meat*, 1, Bologna, 65–69.
- [26] Kopeć W., Skiba T., Korzeniowska M.: 2002. Cysteine and aspartic proteases activities in post mortem chicken muscle tissues. *Proceed. 11<sup>th</sup> Europ. Poultry Conf., Bremen*, 1–8.
- [27] Koohmaria M.: 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderisation. *processes of meat. Meat Sci.*, 43, 193.
- [28] Korzeniowska M., Smolińska T.: 2005. Histochemical analysis of chicken meat obtained from birds supplemented with plant oils. *Proceed. XVII<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality of Poultry Meat*, 23–26 May 2005, Doorwerth, The Netherlands, 93–98.
- [29] Lesiak M.T., Olson D.G., Lesiak C.A., Ahn D.U.: 1997. Effects of post-mortem time before chilling temperature on water-holding capacity and texture of turkey breast meat. *Poultry Sci.*, 76, 552–556.
- [30] Lesiów T.: 2001. Prognozowanie jakości wyrobów z mięsa kurcząt na podstawie reologicznych właściwości homogenatów (Rozpr. hab.), Wydawnictwo AE im. Oskara Langego we Wrocławiu.
- [31] Liu A., Nishimura T., Takashiki K.: 1955. Structural weakening of intramuscular connective tissue during postmortem aging of chicken semitendinosus muscles. *Meat Sci.*, 39, 315–342.
- [32] Lyon B.G., Lyon C.E.: 1997. Sensory descriptive profile relationships to shear values of deboned poultry. *J. Food Sci.*, 62, 885–888.
- [33] Lyon B.G., Lyon C.E.: 1996. Texture evaluations of cooked, diced broiler breast samples by sensory and mechanical methods. *Poultry Sci.*, 75, 812–819.
- [34] McKee S.R., Sams A.R.: 1997. The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale soft exudative turkey meat. *Poultry Sci.*, 76, 1616–1620.
- [35] Meller Z.: 1978. Przegląd ważniejszych teorii dotyczących etiologii syndromów PSS i PSE. *Med. Wet.* XXXIV (9), 554–556.

- [36] Molette C., Remignon H., Babile R.: 2003. Maintaining muscles at a high post-mortem temperature induces PSE-like meat in turkey. *Meat. Sci.*, 63, 525–532.
- [37] Niewiarowicz A.: 1993. Struktura, skład chemiczny, zmiany poubojowe i smakowitość mięsa, [w:] Praca zbiorowa, red. Grabowski T., WNT, Warszawa, 22–61.
- [38] Niewiarowicz A.: 1973. Meat anomalies in broiler. *Poultry Int.*, 50–51.
- [39] Ngoka D.A., Froning G.W., Lowry S.R., Babji A.S.: 1982. Effects of sex, age preslaughter factors, and holding conditions on the quality characteristics and chemical composition of turkey breast muscles. *Poultry Sci.*, 61, 1996–2003.
- [40] Owens C.M., McKee S.R., Matthews N.S., A.R.: 2000. The development of pale soft exudative meat in two genetic lines of turkeys subjected to heat stress and its prediction by halothane screening. *Poultry Sci.*, 79, 430–435.
- [41] Owens C.M., Hirschler E.M., McKee S.R., Martinez-Dowson R., Sans A.R.: 2000. The characterization and incidence of pale soft exudative turkey meat in a commercial plant *Poultry Sci.*, 79, 553–558.
- [42] Palka K.: 2000. Zmiany w mikrostrukturze i teksturze mięśni bydłych podczas dojrzewania poubojowego i ogrzewania. (Rozpr. hab.) Zesz. Nauk. AR im H. Kołłątaja w Krakowie.
- [43] Papinaho P.A., Flether D.L.: 1996. The influence of temperature on broiler breast muscle shortening and extensibility. *Poultry Sci.*, 75, 797–802.
- [44] Połowicz K.: 2003. Czynniki kształtujące jakość tuszki kurcząt brojlerów. *Hodowca Drobiu*, 2, 22–23.
- [45] Pośpiech E.: 2000. Diagnostowanie odchyleń jakościowych mięsa. *Gosp. Mięsna* 52, 68–71.
- [46] Pyrcz J.: 1980. Wpływ skurczu chłodniczego na fizykochemiczne i sensoryczne właściwości mięsa zwierząt rzeźnych. *Chłodnictwo*, 6, 20–22.
- [47] Robson R.M.: 1995. Myofibrillar and cytoskeletal structures and proteins in mature skeletal muscle cells, [in:] Expression of tissue proteinases and regulations of proteon degradation as related to meat quality. Red. A Quali D.J., Demeyer F.J., Smulders, Utrecht: ECCEAMST, 267.
- [48] Roncales P., Geesink G.H., Van Lach R.L.J.M., Joaime J., Beltran J., Barnier V.M.H., Smuler F.J.M.: 1995. Meat tenderization: enzymatic mechanisms, [in:] Expression of tissue proteinases and regulations of protein degradation as related to meat quality. Red. A. Quali D.J. Demeyer F.J.M. Smulders, Utrecht, ECCEAMST, 311.
- [49] Sams A.: 2002. Post-mortem electric stimulation of broilers. *World's Poultry Sci. J.* 58 (3), 147–157.
- [50] Sams A.: 1997. Poultry meat harvesting. *Proceed. XIII Symp. Quality Poultry Meat*, Poznań, Poland, 373–383.
- [51] Schreurs F.J.G.: 2000. Post-mortem changes in chicken muscle. *World's Poultry Sci. J.*, 56, 319–345.
- [52] Schwagele F.: 1999. Kuhlung, Kuhlagerung und Fleischreifung, *Fleischw. Irt.*, 5, 91–93, *Mięso i Wędliny* 7/99, 32–35.
- [53] Seyle H.: 1960. Stres życia. PZW L, Warszawa.
- [54] Smolińska T., Korzeniowska M.: 2005. Evaluation of the PSE and DFD abnormalities occurrence in chicken meat. *Proceed. XVII<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality of Poultry Meat*, 23–26 May 2005, Doorwerth, The Netherlands, 190–193.
- [55] Smolińska T.: 1996. Co obniża jakość tuszek i mięsa drobiu. *Drobiarstwo* 3, 37–42.
- [56] Smolińska T., Kopeć W., Trziszka T.: 1982. Postmortem metabolism and ultrastructural changes in frozen duck tissues: glycolytic changes, *Arch. Geflugelk.* 46, 237–242.
- [57] Smolińska T., Malczyk E., Krzowski R.: 2002. Analiza histochemiczna lipidów mięśni jasnych i ciemnych kurcząt żywionych paszą wzbogaconą w oleje roślinne i alfa-tokoferol. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 1(30).
- [58] Solmon M.B., van Loock R.L., Estridge J.S.: 1998. Biophysycal basis of pale, soft exudative (PSE) pork and poultry muscle. A review. *J. Muscle Food*, 9, 1–11.

- [59] Sośnicki A.A., Wilson B.W.: 1991. Pathology of turkey skeletal implications for the poultry industry. *Food Structure* 10, 317–326.
- [60] Sośnicki A.A., Greaser M.L., Pietrzak M., Pospiech E., SteV: 1998. PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkey. A review. *J. Muscle Foods*, 9, 19–23.
- [61] Stevens A., Lowe J.: 1994. *Histologia*. Wyd. Med. Sławiński, Verlag, Brema.
- [62] Stryer J.: 1997. *Biochemia*. WNT, Warszawa.
- [63] Takahashi K.: 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post mortem ageing of meat. The non-enzymatic mechanism of meat tenderisation. *Meat Sci.*, 43, 67.
- [64] Tomaszewska-Gras J., Schreurs F., Kijowski J.: 1997. Post-mortem changes in cytoskeletal proteins of chicken breast muscle studied by flat bed sodium dodecyl sulfate-poliacrylamide gel electroforesis and western blotting. *Proceed. XIII Europ. Symp. Quality Poultry Meat*, 344–353.
- [65] Trojan M., Niewiarowicz A.: 1973. Badania wodnistości mięsa kurcząt. *Roczniki Techn. Chem. Żywności, Poznań* 23, 199–207.
- [66] Wicke M., Hohn G., Mook S., von Langerken G.: 2001. Nachhaltigkeit in der Fleischerzeugung, *Fleischw.*, 9, 125–128, *Mięso i Wędliny* 5/2002, 30–31.
- [67] Uyttenhaegen L., Claeys E., Demeyer D.J.: 1995. Use of exogenous protease effectors to investigate posmortem tenderness development and related myofibrillar protein fragmentation. A review, [in:] *Expression of tissue proteinases and fragmentation. A review*. Red. A Quali D.J., Demeyer FJM., Smulders. Utrecht, ECCEAMST, 333.

# 7.

## LIPIDY MIĘSA DROBIOWEGO

*Jan Pikul*

### 7.1. Otluszczenie ptaków i rodzaje tłuszczów drobiowych

Lipidy w organizmie ptaków są źródłem tłuszczu zapasowego oraz głównym składnikiem błon komórkowych. Tkanka tłuszczowa rozrasta się w miarę potrzeby lub skłonności ptaków do gromadzenia tłuszczu, którego największe skupiska występują pod skórą, w okolicy steku, wokół nerek i jelit. Mniejsze złoże tłuszczowe spotyka się pomiędzy poszczególnymi mięśniami, jest to tak zwany tłuszcz międzymięśniowy. Tłuszcz wchodzący w skład struktur komórkowych to tłuszcz tkankowy (komórkowy). Tłuszczowce w organizmie ptaków mają co najmniej dwojaki charakter, występują w nim jako tłuszcze niezbędne fizjologicznie do normalnego funkcjonowania organizmu oraz jako tłuszcze zbyteczne znajdujące się w jamie brzusznej i różnej grubości złożach pod skórą.

**Otluszczenie ptaków** określane jest procentowym udziałem tłuszczu wewnętrznego w stosunku do masy ciała przed ubojem (drób grzebiący oraz wodny) i procentowym udziałem skóry z tłuszczem podskórnym w stosunku do tuszki patroszonej (drób wodny). Spośród podstawowych czynników wpływających na otluszczenie drobiu należy wymienić [6]:

- wiek i płeć (tuszki ptaków starszych są bardziej otluszczone niż ptaków młodszych, samice wykazują większą zdolność do odkładania tłuszczu niż samce);
- genotyp (różne gatunki, rasy, linie i rody ptaków charakteryzują się różną zdolnością do odkładania tłuszczu, drób wodny jest bardziej otluszczone niż drób grzebiący);
- żywienie (zawartość energii metabolicznej – EM i białka surowego – B w paszy oraz stosunek EM:B, zawartość tłuszczu w paszy i metody żywienia);
- warunki środowiskowe odchowu (temperatura powietrza w wychowalni, obsada i oświetlenie, niekorzystny wpływ na otluszczenie tuszek ma odchów kurcząt brojlerów w klatkach).

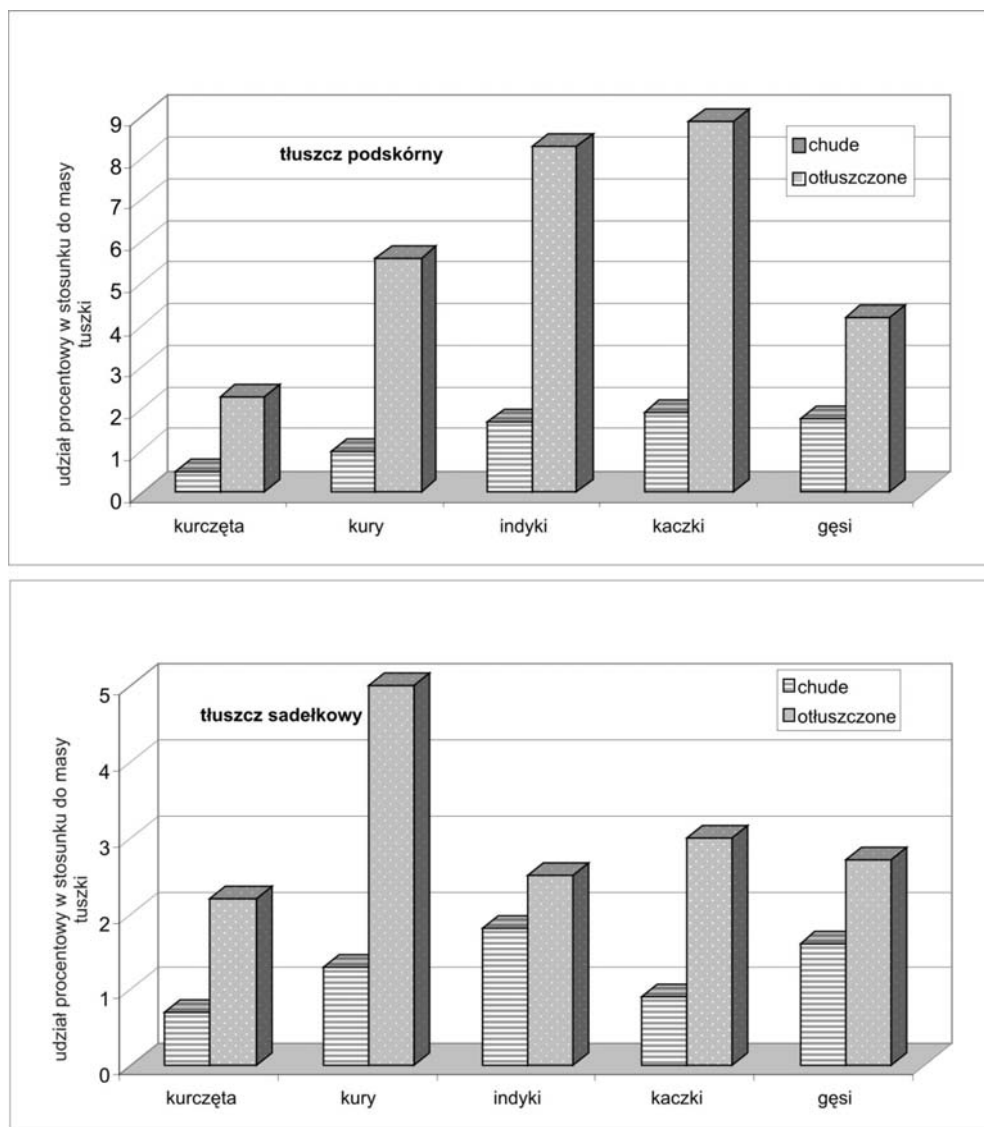
Nadmierna ilość tłuszczu w tuszkach wywołuje ujemne skutki zarówno dla producentów drobiu (wzrost kosztów produkcji), rzeźni drobiu (mniejszy wskaźnik wydajności poubojowej, problem z oczyszczaniem ścieków), jak i konsumentów uważających tuszki drobiowe, głównie kurcząt i indyków, za źródło mięsa chudego. Czynniki te spowodowały,

że szczególnie w ostatnich latach wzrosło znacznie zainteresowanie producentów drobiu obniżeniem nadmiernej ilości tłuszczu wewnętrznego. Zagadnienie to nabiera coraz większego znaczenia, gdyż istnieje zależność pomiędzy zawartością tłuszczu wewnętrznego w tuszce a ilością tłuszczu ogólnego w mięsie. Tłuszcze zapasowe odkładające się w jamie brzusznej w okresie odchowu ptaków zmniejszają wydajność rzeźną tuszek (stosunek masy tuszki do masy ciała ptaka przed ubojem), gdyż jedynie tłuszcz sadełkowy, stanowiący ok. 60% ogólnej ilości tych tłuszczów, pozostaje przy tuszce. Natomiast tłuszcze okołojelitowe wraz z jelitami oraz tłuszcze znajdujące się przy żołądkach i sercach stanowią uboczne surowce niejadalne. Kurczęta brojlery zawierają od 2 do 5% tłuszczu wewnętrznego w stosunku do masy ciała ptaków przed ubojem. Zawartość tłuszczu odkładającego się w jamie brzusznej kurcząt można znacznie obniżyć, zmniejszając stosunek EM:B w paszy. Uzyskane rezultaty są jednak zróżnicowane w zależności od linii i płci ptaków. Stwierdzono także wpływ sezonowości na zawartość tłuszczów wewnętrznych, szczególnie przy chowie półekstensywnym lub ekstensywnym.

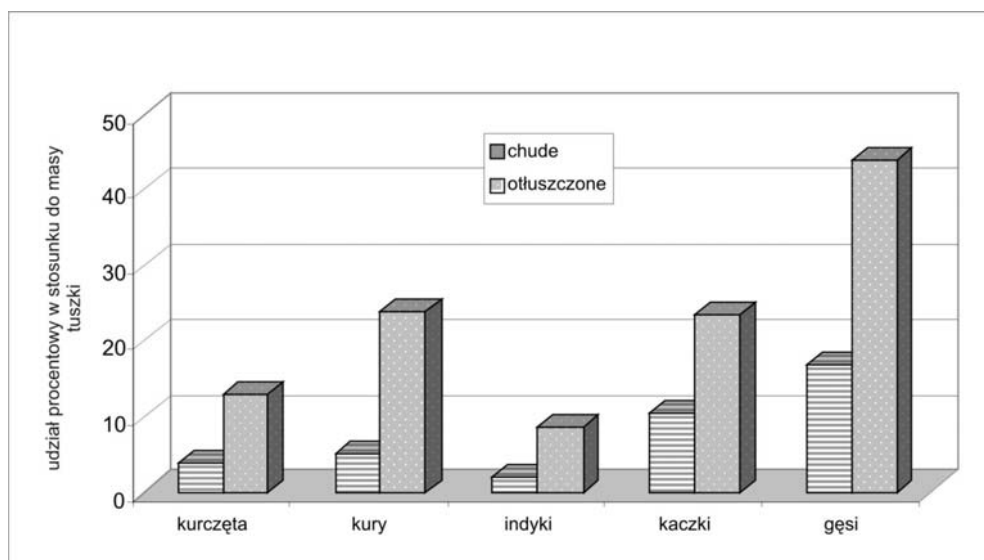
**Surowe tłuszcze drobiowe** w organizmie ptaka można ogólnie podzielić na tłuszcze **zapasowe**, występujące w postaci tkanki tłuszczowej oraz tłuszcze **strukturalne** (komórkowe), będące składnikiem błon i organelli komórkowych [18, 48]. Tłuszcze zapasowe odkładają się w **jamie brzusznej** (jako tłuszcz sadełkowy w postaci złogów wyścielających dolną część jamy ciała, tłuszcz okołojelitowy w postaci złogów oddzielających pętle jelita cienkiego, tłuszcze przylegające do powierzchni żołądka mięśniowego oraz serca), **pod skórą** (jako tłuszcz podskórny – u drobiu wodnego warstwa tłuszczu podskórnego okrywa zwykle całą powierzchnię tuszki, natomiast u drobiu grzebiącego tkanka tłuszczowa podskórna jest zróżnicowana w postaci pasm na piersi i na udach oraz w okolicy steku, u młodego drobiu grzebiącego złogi tkanki tłuszczowej występują tylko w nieznacznych ilościach), **względnie są częścią składową mięsa poprzerastanego tłuszczem** (tłuszcz międzymięśniowy). Udział procentowy tłuszczów zapasowych w stosunku do masy chudych oraz otluszczonych tuszek drobiowych przedstawia rysunek 7.1 [17, 23, 24].

Udział tłuszczów podskórnego i sadełkowego w tuszce determinuje ogólną ilość tłuszczu w jadalnych częściach tuszki. Udział procentowy tłuszczu w jadalnych częściach tuszek różnych gatunków drobiu ukazuje rysunek 7.2 [15, 23, 24].

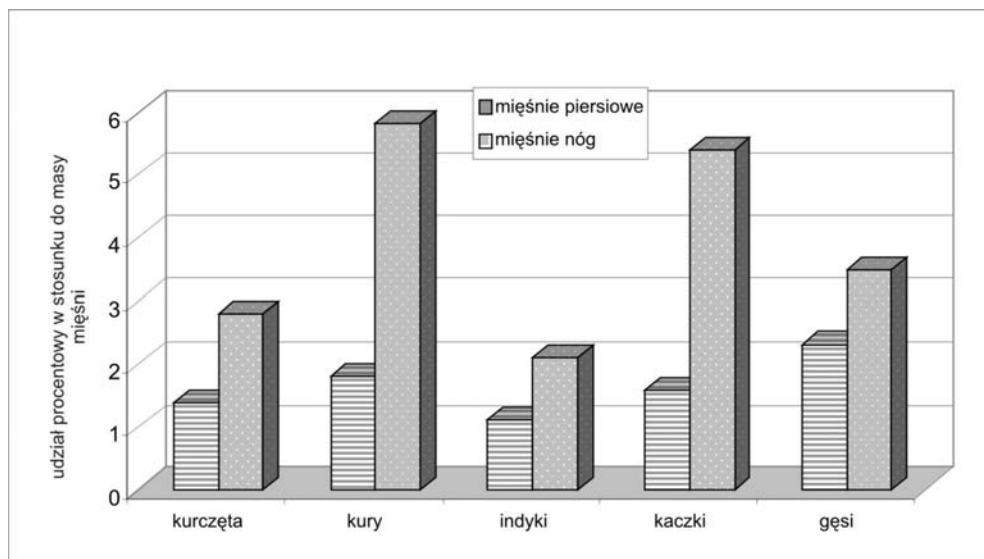
Zawartość lipidów w samych mięśniach jest znacznie mniejsza. W każdym przypadku mięśnie piersiowe zawierają mniej tłuszczu niż mięśnie nóg (rys. 7.3) [18, 23]. W zależności od lokalizacji – w skórze kurcząt znajduje się od 22 do 32% tłuszczu [22].



Rys. 7.1. Udział procentowy tłuszczu podskórnego oraz sadelkowego w chudych i otuszczonych tuszkach drobiowych [17, 23]



Rys. 7.2. Udział procentowy tłuszczu w jadalnych częściach chudych i otłuszczonych tuszek drobiowych [17, 23]



Rys. 7.3. Udział procentowy lipidów w mięśniach piersiowych i mięśniach nóg drobiu grzebiącego oraz wodnego [18, 23]



## 7.2. Skład lipidów mięsa drobiowego

Lipidy stanowią grupę naturalnych związków organicznych, ogólnie biorąc nierozpuszczalnych w wodzie, natomiast rozpuszczalnych w rozpuszczalnikach tłuszczu, takich jak m.in. eter, chloroform, benzen lub aceton. Lipidy mięsa drobiu są w głównej mierze mieszaniną triacylogliceroli, fosfolipidów i cholesterolu [23, 24, 30]. **Triacyloglicerole** to estry wyższych kwasów tłuszczowych i glicerolu, w których wszystkie grupy hydroksylowe glicerolu zostały zestryfikowane przez kwasy tłuszczowe. Na skutek odłączenia się z tego związku jednego kwasu tłuszczowego powstają diacyloglicerole, a dwóch kwasów tłuszczowych – monoacyloglicerole. Acyloglicerole należą do lipidów prostych, występujących w grupie lipidów właściwych. Rodzaj i stosunek kwasów nasyconych i nienasyconych w triacyloglicerolach decydują o takich właściwościach lipidów, jak ich konsystencja, wartość biologiczna i podatność na utlenianie. Skład kwasów tłuszczowych acylogliceroli jest zależny od gatunku ptaków, może być jednak w istotny sposób zmieniony przez rodzaj i ilość tłuszczów dostarczonych w mieszankach paszowych. W triacyloglicerolach lipidów drobiowych przeważają kwasy monoenowe [33]. **Fosfolipidy** należą do lipidów złożonych, które zawierają kwas fosforowy jako mono- lub diester. Różnią się od lipidów właściwych tym, że jedna z grup hydroksylowych glicerolu jest zestryfikowana kwasem fosforowym, a nie kwasem tłuszczowym. Związki te znajdują się w pierwszej podgrupie określanej jako glicerofosfolipidy (pochodne kwasu glicerofosforowego), w odróżnieniu od drugiej podgrupy, do której są zaliczane sfingofosfolipidy (pochodne 1-fosfoceramidu). Do najczęściej spotykanych fosfolipidów w tłuszczach zwierzęcych należy lecytyna (sn-3-fosfatydylocholina) i kefaliny (sn-3-fosfatydyloetanolamina oraz sn-3-fosfatydyloseryna). Wykazują one powinowactwo zarówno do wody, jak i do tłuszczów, dzięki czemu odgrywają ważną rolę, m.in. w przenoszeniu różnych związków przez błony komórkowe. Powinowactwo do wody powoduje, że pęczniąc, tworzą trwałe zawiesiny i biorą udział w tworzeniu emulsji mięsnych. Ze względu na stosunkowo dużą zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym polienowych, fosfolipidy są podatniejsze na utlenianie niż acyloglicerole [31, 45]. **Cholesterol** to związek należący do steroli występujących w grupie alkoholi lipidowych. Sterole należą do alkoholi alicyklicznych z grupy steroidów. W lipidach cholesterol jest w stanie wolnym lub w postaci estrów z kwasami tłuszczowymi. W mniejszych ilościach występują także: dihydroksycholesterol (cholestanol), kaprosterol (kaprostanol) oraz 7-dehydrocholesterol. Cholesterol jest jednym z ważniejszych i najlepiej poznanych steroli. Towarzyszy z reguły lipidom i rozpuszcza się w tych samych rozpuszczalnikach organicznych. W odróżnieniu od lipidów nie ulega zmydlaniu, pozostając jako tzw. frakcja niezmydlająca się. Tworzy także kompleksy z białkami o charakterze hydrofilnym. **Diacyloglicerole, monoacyloglicerole, wolne kwasy tłuszczowe** i wspomniane wcześniej **estry cholesterolu** występują w świeżych tkankach ptaków w małych ilościach, na poziomie od 0,4 do 0,8%.

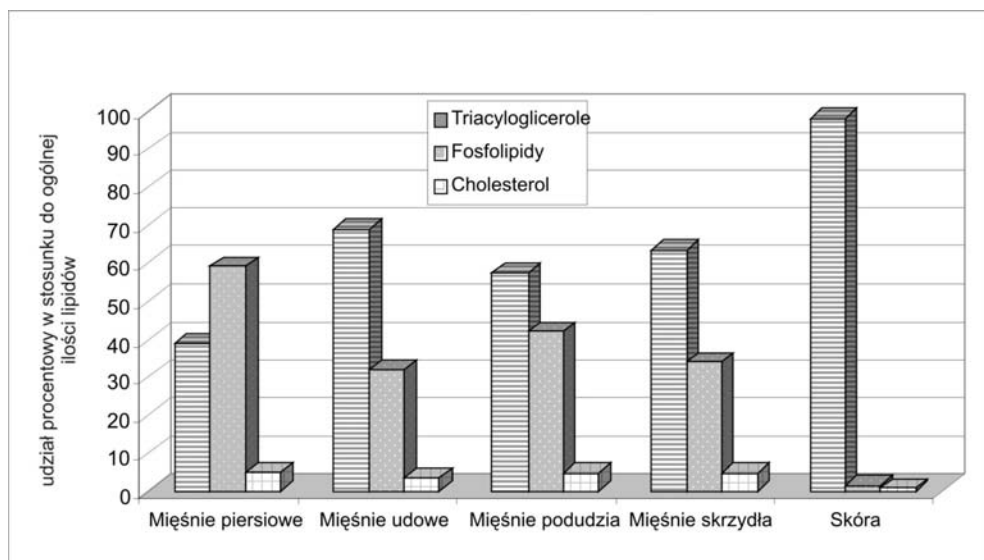
**Tłuszcze zapasowe** zawierają w swoim składzie głównie triacyloglicerole. Na przykład, w lipidach skóry kurcząt brojlerów, w zależności od jej lokalizacji, triacyloglicerole stanowią od ok. 96,5 do 97,8 sumy lipidów (tab. 7.1).

W przeciwieństwie do tego ich udział w lipidach strukturalnych jest znacznie mniejszy (rys. 7.4).

Tabela 7.1

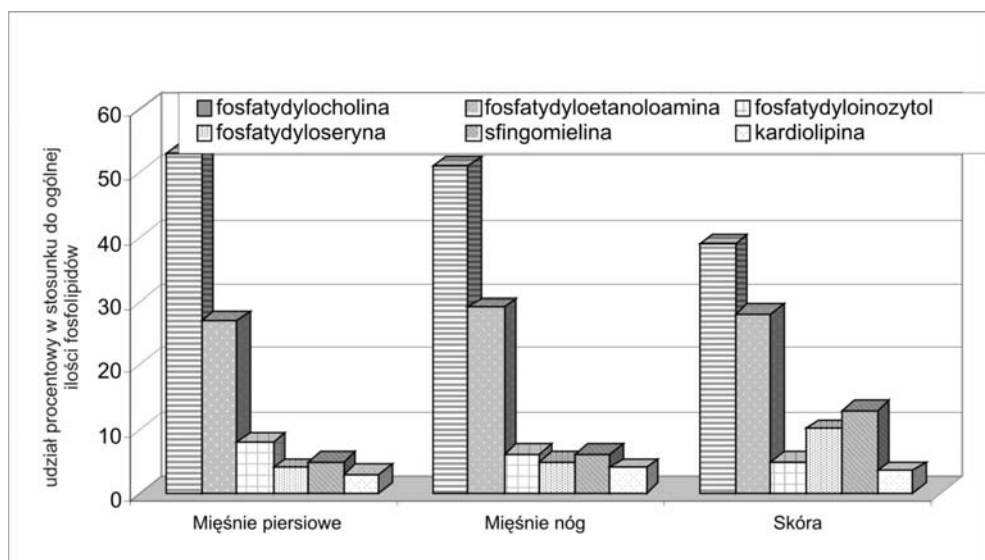
Udział procentowy triacylogliceroli i fosfolipidów w różnych mięśniach i częściach skóry kurcząt brojlerów [22, 23]

Rodzaj mięśni	Triacyloglicerole	Fosfolipidy	Części skóry	Triacyloglicerole	Fosfolipidy
Piersiowe	36,4	57,7	z piersi	96,5	2,3
Udowe	66,8	30,1	z uda	97,8	1,2
Podudzia	54,5	40,2	z podudzia	96,8	1,9
Skrzydła	61,5	32,5	ze skrzydła	97,2	1,5



Rys. 7.4. Udział procentowy głównych klas lipidów w różnych rodzajach mięśni i skórze kurcząt brojlerów [23, 24]

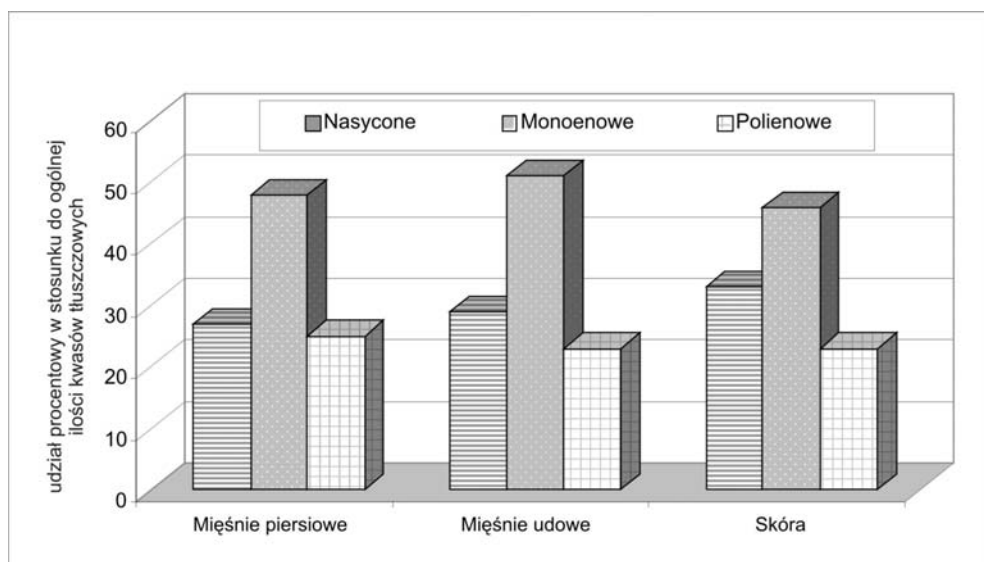
W tym ostatnim przypadku znaczący jest udział fosfolipidów, od 30% w mięśniach udowych do 58% w mięśniach piersiowych [30]. Pomimo że udział fosfolipidów zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do ogólnej ilości lipidów w tkankach, to jednak ich zawartość w przeliczeniu na świeżą tkankę pozostaje prawie na niezmiennym poziomie od 0,5 do 1%. Około połowę sumy fosfolipidów mięśni stanowi fosfatydylocholina (lecytyna), powyżej 30% udziału stanowią fosfatydyloetanolamina i fosfatydyloseryna (kefality). W fosfolipidach skóry w największej ilości występuje fosfatydylocholina (nieznacznie poniżej 40%) i dalej w kolejności fosfatydyloetanolamina (ok. 27%) i sfingomielina (ok. 12%) oraz poniżej 10% fosfatydyloseryna (rys. 7.5) [23].



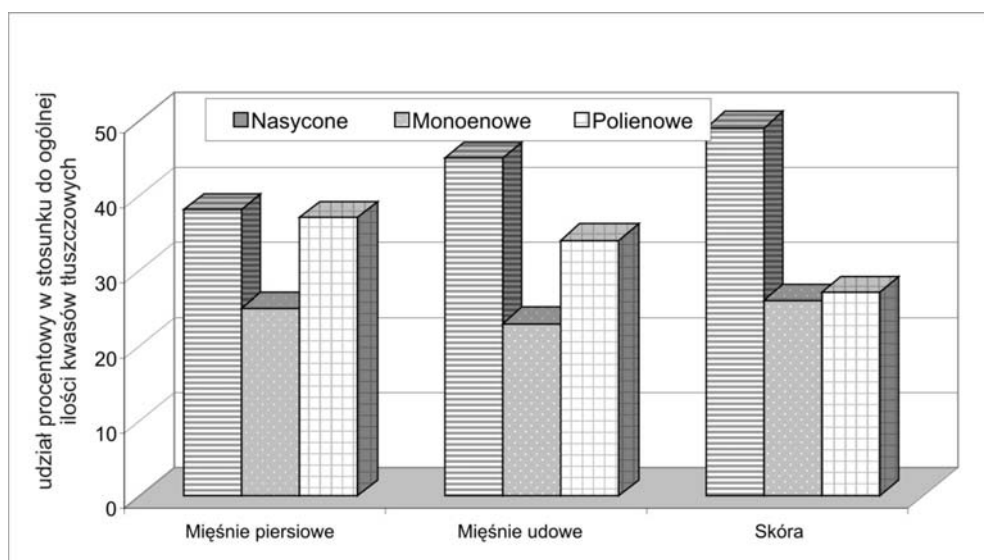
Rys. 7.5. Udział procentowy różnych frakcji fosfolipidów w mięśniach piersiowych i w mięśniach nóg oraz skórze kurcząt brojlerów [23, 31]

**Skład kwasów tłuszczowych** tłuszczów zapasowych zawierających prawie wyłącznie acyloglicerole może być bardzo różny w zależności od gatunku, linii i rodu ptaków, programu żywieniowego, płci, wieku, warunków środowiskowych oraz ich umiejscowienia w różnych częściach tuszki. W składzie kwasów tłuszczowych triacylogliceroli, np. tłuszczu z skóry, dominują kwasy nienasycone z jednym wiązaniem podwójnym ( $C_{18:1}$  i  $C_{16:1}$ ) i kwasy nasycone ( $C_{18:0}$  i  $C_{16:0}$ ). Kwasy tłuszczowe z dwoma lub więcej wiązaniami podwójnymi (gł.  $C_{18:2}$ ) stanowią ok. 20% sumy wszystkich kwasów tłuszczowych [44, 46]. W triacyloglicerolach mięśni piersiowych i mięśni udowych (rys. 7.6) kwasy nasycone stanowią ok. 27%, kwasy monoenowe poniżej 50%, a kwasy polienowe prawie 22% [23].

**Lipidy strukturalne** w zależności od rodzaju mięśni zawierają różne ilości triacylogliceroli i fosfolipidów. Na przykład, w lipidach różnych mięśni kurcząt triacyloglicerole stanowią od 36,5 do 66,8% w ogólnej sumie lipidów (tab. 7.1). W przeciwieństwie do tłuszczów zapasowych lipidy strukturalne występują w znacznie mniejszych ilościach i cechuje je mniejsza zmienność składu kwasów tłuszczowych. Do tej grupy lipidów wchodzi przede wszystkim fosfolipidy błon komórkowych oraz lipoproteiny ścian komórkowych, mitochondrii, mikrosomów i innych składników komórek. W przeciwieństwie do triacylogliceroli **skład kwasów tłuszczowych** fosfolipidów mięsa drobiu zmienia się w mniejszym stopniu wraz ze zmianą składu podawanych ptakom mieszanek paszowych [5]. Fosfolipidy zawierają znaczące ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych z 20 i 22 atomami węgla. Zawartość kwasów tłuszczowych z dwoma lub więcej wiązaniami podwójnymi w fosfolipidach, np. mięśni piersiowych i udowych, jest na poziomie odpowiednio 37 i 32% ogółu kwasów tłuszczowych (rys. 7.7) [23, 24].



Rys. 7.6. Udział procentowy kwasów tłuszczowych nasyconych, monoenowych i polienowych w triacyloglicerolach mięśni piersiowych i udowych oraz skóry kurcząt brojlerów [23, 24]



Rys. 7.7. Udział procentowy kwasów tłuszczowych nasyconych, monoenowych i polienowych w fosfolipidach mięśni piersiowych i udowych oraz skóry kurcząt brojlerów [23, 24]

Dominującymi są tu kwasy: linolowy i arachidonowy. Z kwasów nasyconych – palmitynowy i stearynowy występują w ilościach odpowiednio 20,7 i 17,1%. Skład kwasów tłuszczowych różnych frakcji fosfolipidów jest także zróżnicowany i decyduje w głównej mierze o podatności lipidów mięsa na procesy utleniania [31].

**Skład kwasów tłuszczowych** zależy głównie od gatunku ptaków, ale może dość istotnie się zmieniać w zależności od rodzaju i ilości tłuszczów podawanych w paszach. Orientacyjny skład kwasów tłuszczowych nasyconych i nienasyconych w mięśniach piersiowych i mięśniach nóg różnych gatunków drobiu przedstawiono w tabeli 7.2 [18].

Tabela 7.2  
Udział procentowy kwasów tłuszczowych w mięśniach piersiowych i mięśniach nóg różnych gatunków drobiu [18]

Gatunek drobiu	Kwasy nasycone		Kwasy nienasycone		Kwasy polienowe	
	mięśnie piersiowe	mięśnie nóg	mięśnie piersiowe	mięśnie nóg	mięśnie piersiowe	mięśnie nóg
kurczęta	32,8	31,5	68,1	68,2	22,8	23,2
kury	26,6	26	72,2	72	22,4	22,1
indyckie	28,9	29,8	68,4	66,4	26,5	26,6
indyki	32,2	34,1	65,6	62,5	24,3	30,5
kaczki	28,1	28,3	70,9	70,5	15,5	15,2
gęsi	25,5	25,6	74,5	74,4	22,1	22

Wybrane właściwości tłuszczów drobiowych w porównaniu z tłuszczem wieprzowym i lojem bydłowym zaprezentowano w tabeli 7.3 [18].

Tabela 7.3  
Wybrane właściwości i zawartość kwasów tłuszczowych w tłuszczach drobiowych oraz smalcu wieprzowym i loju bydłowym [18]

Tłuszcz	Liczba jodowa	Temperatura topnienia (°C)	Kwasy nasycone (%)	Kwasy nienasycone (%)			
				oleinowy C <sub>18:1</sub>	linolowy C <sub>18:2</sub>	linolenowy C <sub>18:3</sub>	arachidonowy C <sub>20:4</sub>
kurzy	63–80	32–38	28–31	47–51	14–18	0,7–1,0	0,3–0,5
indyckie	73–79	31–33	28–33	39–51	13–21	0,8–1,3	0,2–0,7
gęsi	67	28–34	30	57	8	0,4	0,05
kaczy	87	31–36	27	42	24	1,4	0,2
wieprzowy	53–77	33–46	38–47	41–51	3–10	0,3–0,7	0,4–1
bydłowy	40–48	40–48	53–60	42–44	2–5	0,3–0,7	0,0–0,5

Dzięki większej zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych temperatura topnienia tłuszczów drobiowych jest niższa w porównaniu z tłuszczami dużych zwierząt rzeźnych, co ułatwia ich przyswajalność w organizmie. Bardziej nienasycony charakter lipidów tkanek drobiowych powoduje, że są one w większym stopniu podatne na utlenianie podczas produkcji i przechowywania niż tłuszcze dużych zwierząt rzeźnych. Występujące w lipidach mięsa drobiu kwasy nienasycone, w tym także kwasy polienowe, mają wiązania etylenowe o konfiguracji *cis*. Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe są aktywne biologicznie wyłącznie w formie *cis*, a po przejściu w formę *trans* ich biologiczna aktywność zanika i są wówczas jedynie źródłem energii dla ustroju człowieka. Naturalne izomery *trans* w lipidach mięsa drobiu występują w małych ilościach od 0,7 do 1,4% wszystkich kwasów tłuszczowych.

W lipidach mięśni [30] znajduje się od 4,6 do 5,6% **cholesterolu** (rys. 7.4).

Zawartość cholesterolu w surowej skórze kurcząt wynosi od 109 do 118 mg/100 g, a indyków od 91 do 125 mg/100 g. W tłuszczu sadełkowym kurcząt znajduje się od 44 do 69 mg cholesterolu w 100 g, a w tej samej ilości tłuszczu podskórnego znajduje się od 68 do 87 mg cholesterolu. Powoduje to różnice w zawartości cholesterolu w surowym mięsie bez skóry i ze skórą (tab. 7.4) [20, 33].

Tabela 7.4

Zawartość cholesterolu w surowym oraz pieczonym mięsie drobiu (mg·g<sup>-2</sup>) [20, 24]

Gatunek drobiu i rodzaj mięśni	Surowe (nieogrzewane)		Pieczone
	bez skóry	ze skórą	
Kurczęta	47–83	64–88	75–97
m. piersiowe	47–58	64–68	75–85
m. udowe	72–83	81–88	88–97
Indyki	58–81	62–87	82–105
m. piersiowe	58–69	62–73	82–91
m. udowe	62–81	65–87	91–105

Zawartość cholesterolu w surowym mięsie kaczek i gęsi nie różni się zasadniczo od wartości przedstawionych w odniesieniu do kurcząt i indyków. W wyniku ogrzewania zawartość cholesterolu w mięsie wzrasta przede wszystkim na skutek utraty wody. Wielkości tych przyrostów uzależnione są jednak od rodzaju ogrzewania. Zawartość cholesterolu w podrobach drobiowych jest większa niż w mięsie i skórze (tab. 7.5) [20, 23].

Przedstawione wartości dotyczące ilości cholesterolu są niejednokrotnie jeszcze bardziej zróżnicowane w wyniku stosowania różnych programów żywieniowych. Chodzi tu przede wszystkim o rodzaj podawanych w paszy tłuszczów (pochodzących od zwierząt lądowych, morskich lub roślin oleistych), stosunek kwasów nasyconych do nienasyconych, udział mączek z mięsa oraz ryb. Czynniki te wywierają bardzo duży wpływ na zawartość cholesterolu, w szczególności w wątrobie, ale także w mięsie drobiu. Na przykład, największej zawartości cholesterolu stwierdzono w mięśniach kurcząt, które otrzymywały pasze z dodatkiem

smalcu wieprzowego. Niezależnie od wolnego cholesterolu w mięśniach drobiu występują także **estry cholesterolu**. Wyniki przedstawione w literaturze są jednak rozbieżne i wykazują, że estry cholesterolu mogą stanowić od 2 do 22% ogólnej sumy cholesterolu [23].

Tabela 7.5

Zawartość cholesterolu w podrobach drobiowych (mg·g<sup>-2</sup>) [20]

Gatunek drobiu	Wątroby	Serca	Żołądki
kurczęta	370–425	136–216	130–145
indyki	435–460	150–226	145–159

### 7.3. Czynniki wpływające na stabilność lipidów mięsa drobiowego oraz odpowiedzialne za powstawanie w mięsie obcego, niepożądanego zapachu i smaku

Lipidy są stosunkowo nietrwałymi składnikami żywności, ulegającymi różnym zmianom podczas przetwarzania i przechowywania żywności. Przemiany zachodzące w tkankach mogą być spowodowane czynnikami **biochemicznymi** lub **chemicznymi**. Przemiany biochemiczne zachodzą pod wpływem obecnych w surowcach enzymów oraz enzymów wytwarzanych przez rozwijające się drobnoustroje. Mogą one prowadzić do **hydrolizy wiązań estrowych** pomiędzy glicerolem a kwasami tłuszczowymi. Odpowiedzialne za ten proces enzymy, nazywane lipazami, mogą być aktywne głównie w nieprzetwarzanych surowcach, powodując w konsekwencji uwalnianie się „wolnych kwasów tłuszczowych”. Przemiany te nie są jednak niebezpieczne z punktu widzenia żywieniowego, chociaż mogą w niektórych przypadkach obniżać jakość sensoryczną. Szczególnie wtedy, gdy powstają krótkołańuchowe kwasy tłuszczowe, np. masłowy, kapronowy, kaprylowy i kaprynowy, charakteryzujące się nieprzyjemnym smakiem i zapachem. Dotyczy to zwłaszcza tłuszczu mlekowego. **Utlenianie kwasów tłuszczowych** pod wpływem enzymów utleniających, np. lipooksygenaz, dotyczy głównie surowców roślinnych, powodując zmiany smaku, zapachu i barwy tych produktów. Przemiany chemiczne zachodzące bez udziału czynników biologicznych mają także charakter hydrolityczny oraz oksydacyjny. **Hydroliza chemiczna** odgrywa dużą rolę w procesach smażenia mięsa, ma jednak niewielkie znaczenie podczas jego przechowywania. Utlenianie kwasów tłuszczowych bez udziału enzymów, które ma jednak niepożądane konsekwencje, określa się jako **autooksydację**. Zmiana smaku i zapachu tłuszczów w wyniku tych procesów powoduje, że nazywa się je potocznie **jętleniem oksydacyjnym**. Autooksydacja obejmuje przemiany lipidów polegające na ich reakcji z tlenem atmosferycznym, przy czym produkty tych przemian zwykle same katalizują przebieg tych reakcji. Rozpoczęty proces utleniania lipidów jest trudny do zahamowania, ponieważ nawet niewielka część utleniających się tłuszczów powoduje powstawanie niestabilnych pierwotnych produktów utleniania, tj. nadtlenuków, które dalej ulegają rozpadowi do wysokoenergetycznych i reaktywnych produktów, zwanych rodniki-

kami. Powstające wolne rodniki rozpoczynają cały szereg chemicznych reakcji z niezmiennymi jeszcze kwasami tłuszczowymi, wywołując ich spontaniczne łączenie się z tlenem i powstawanie kolejnych wolnych rodników. Przyjmuje się, że autooksydacja przebiega łańcuchowo i w procesie tym można wyróżnić trzy etapy [3, 7, 14, 19]: zapoczątkowanie reakcji (inicjacja), rozwijanie reakcji (propagacja) i zanikanie (terminacja). Daleko zaawansowane procesy oksydacyjne czynią produkty nieprzydatnymi do spożycia. Reakcje utleniania są endotermiczne, dlatego do ich wywołania potrzebna jest energia, której ilość jest tym mniejsza, im bardziej nienasycone są łańcuchy kwasów tłuszczowych danego rodzaju tłuszczu. To tłumaczy wyższą podatność na utlenianie olejów rybich niż tłuszczów drobiowych.

**Utlenianie się lipidów mięsa** zachodzące w czasie przechowywania surowca, jego przetwarzania, ogrzewania i dalszego składowania jest jednym z podstawowych procesów powodujących jełczenie tłuszczów i prowadzących do pogorszenia jakości, a nawet zepsucia surowca lub produktu. Jełczenie lipidów mięsa zachodzi na skutek utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie polienowych, zawierających dwa lub więcej wiązań podwójnych występujących w znacznych ilościach w fosfolipidach. Stąd też lipidy mięsa kurcząt i indyków, w których znaczący udział stanowią fosfolipidy, są bardzo podatne na procesy utleniania. Ogólnie uważa się, że utlenianie lipidów mięsa jest inicjowane przez wysokonienasycone fosfolipidy wchodzące w skład błon komórkowych [7, 9, 14]. Prawdopodobnie proces autooksydacji rozpoczyna się bezpośrednio po uboju ptaków i jego intensywność ciągle wzrasta w czasie przechowywania. Jednocześnie zmiany biochemiczne zachodzące w tkankach bezpośrednio po uboju oraz w okresie dojrzewania mięsa stwarzają nowe warunki, w których procesy utleniania lipidów nie mogą być już dalej utrzymywane pod ścisłą kontrolą, jak to miało miejsce za życia ptaków, a dotychczasowa równowaga pomiędzy czynnikami wykazującymi działanie pro- i antyoksydacyjne zaczyna faworyzować pierwsze z nich, co stwarza sprzyjające warunki do utleniania lipidów. Dotychczasowa występująca za życia aktywność metaboliczna jest jeszcze zachowana bezpośrednio po uboju, ale ponieważ przerwany zostaje obieg krwi w organizmie, końcowym produktem rozkładu glikogenu jest kwas mlekowy. Nagromadzeniu się kwasu mlekowego w tkankach towarzyszy obniżenie się wartości pH od prawie obojętnego do mniej lub bardziej kwaśnego, najczęściej do wartości pH na poziomie 5,5 [27]. Jest bardzo mało prawdopodobne, aby w okresie zmian poubojowych dotychczasowy naturalny system przeciwutleniający, zabezpieczający komórki za życia ptaków przed tymi procesami, mógł dalej funkcjonować ze względu na zbyt duże ilościowe zmiany wielu metabolitów i związane z nimi zmiany właściwości fizycznych mięsa. W większości przypadków ten system ochronny staje się coraz słabszy, m.in. na skutek niedoboru składników odżywczych, a wówczas procesy utleniania lipidów mogą być znacznie przyspieszone. Do zmian zachodzących w mięsie po uboju, które mogą sprzyjać inicjacji procesów utleniania lipidów w mięsie, należy zaliczyć m.in.: przerwanie obiegu krwi w organizmie, obniżenie wartości pH do ok. 5,5, zaprzestanie dostarczania składników odżywczych do tkanek, nieprzystosowanie się ochronnych układów enzymatycznych do funkcjonowania w nowych warunkach, nieprzystosowanie do uczynienia się białek przenoszących żelazo, utratę zdolności retikulum sarkoplazmatycznego do wiązania wapna, rozkład białek mięśniowych w wyniku działania proteinaz zależnych od jonów wapnia, stopniową degradację struktur komórkowych, uwalnianie żelaza ze związków niskocząsteczkowych oraz zainicjowanie utleniania lipidów błon komórkowych [39].



Pomimo wielu badań w dalszym ciągu nie jest wyjaśnione, w jaki sposób dochodzi do zainicjowania autooksydacji lipidów mięsa. Uważa się, że obecność metali zmieniających swoją wartościowość odgrywa decydującą rolę w powstawaniu obszarów (przestrzeni), w których dochodzi do oderwania protonu z nienasyconych kwasów tłuszczowych. Dalszym uzasadnieniem takiego poglądu jest fakt, że metale te mogą także odgrywać istotną rolę w propagacji utleniania lipidów poprzez katalizowanie rozkładu wodoronadtlenków. W mięśniach występują małe „obszary tranzytowe” niebiałkowego i niehemowego żelaza, gdzie żelazo występuje w mikromolowych stężeniach i może być chelatowane (wchodzić w połączenia) przez związki małowcząsteczkowe, takie jak adenozyndifosforan, pirofosforan lub wolne aminokwasy. Przypuszcza się, że małowcząsteczkowe rozpuszczalne w wodzie związki chelatujące żelazo mogą być odpowiedzialne za katalizowanie utleniania lipidów tkankowych przez żelazo. Około 75% żelaza obecnego w organizmie to żelazo występujące w hemoglobinie i w mniejszej ilości w mioglobinie. Znacznie mniejsze ilości występują w różnych zawierających żelazo enzymach, jak np. cytochromy oraz w białkach przenoszących żelazo, np. transferyna. Pozostałe niewielkie ilości żelaza, tzw. formy rezerwowe występują w białkach śródkomórkowych, jak ferrytyna i homosyderyna. Ogólnie uważa się, że utlenianie lipidów mięsa jest katalizowane przez mioglobinę, hemoglobinę, cytochromy, niehemowe żelazo i inne przenoszące elektrony metale [13]. Efekt katalicznego oddziaływania tych związków na utlenianie lipidów mięśni nie został w pełni określony. Według niektórych autorów mioglobina i hemoglobina, a więc wysokocząsteczkowe związki zawierające żelazo, mogą bezpośrednio katalizować procesy utleniania lipidów. Znaczenie wolnego żelaza jako katalizatora utleniania lipidów zostało opisane przez Kanner i in. [11]. Żelazo uwalniane z ferrytyny w czasie przechowywania mięsa, jego przetwarzania i ogrzewania może być także odpowiedzialne za katalizowanie procesów utleniania lipidów w mięsie. Kanner i Doll [10] wykazali, że chociaż zawartość ferrytyny w mięśniach piersiowych i udowych indyków jest znacznie mniejsza niż w wątrobie, to jednak ferrytyna wyekstrahowana z mięśni indyków stymuluje utlenianie lipidów błon komórkowych. W czasie przechowywania mięsa indyków w temp. 4°C obserwowano uwalnianie się żelaza z ferrytyny. Autorzy sugerują, że ferrytyna może odgrywać istotną rolę w procesach utleniania lipidów mięsa, będąc jednym z podstawowych źródeł wolnego żelaza katalizującego te reakcje.

Szybkość i zakres utleniania lipidów mięsa mogą być także zależne od czynników przyżyciowych, np. stresów lub wielu innych czynników poubojowych, takich jak kwasowość czynna w krótkim okresie po uboju, temperatura tuszek lub zastosowanie, np. elektrostymulacji. Ponadto każda ingerencja w integralność błon komórkowych poprzez mechaniczne oddzielenie mięsa od kości, rozdrabnianie, restrukturyzując lub ogrzewanie prowadzi do fragmentacji błon komórkowych i ich uszkodzenia. Procesy te ułatwiają kontakt prooksydantów z nienasyconymi kwasami tłuszczowymi, wynikiem czego jest zainicjowanie powstania wolnych rodników, a następnie propagacja reakcji utleniania [2, 21].

Utlenianie lipidów prowadzi do: powstawania obcego niepożądanego zapachu i smaku, zmniejszania ilości polienowych kwasów tłuszczowych, zmniejszania ilości rozpuszczalnych w tłuszczu witamin i barwników, obniżania ogólnej pożądalności przez konsumentów, powstawania różnych związków, takich jak nadtlenki, wodoronadtlenki, aldehydy, ketony i inne, z których większość może być toksyczna [19, 26, 39]. W wyniku utleniania powstaje wiele związków, które są odpowiedzialne za powstawanie zjełczałego, niepożądanego zapachu i smaku, który nie jest akceptowany przez konsumentów.

Niezależnie od pogorszenia smaku i zapachu utlenianie lipidów mięsa ma także niekorzystny wpływ na jego barwę, teksturę, wartość odżywczą i bezpieczeństwo zdrowotne. Biorąc pod uwagę obecne tendencje wzrostu zainteresowania żywnością zawierającą bardziej nienasycone lipidy, jak również produktami typu żywności wygodnej, należy liczyć się z tym, że będą to produkty podatniejsze na procesy utleniania, a tym samym znacznie trudniej będzie utrzymać ich wysoką jakość i trwałość, co stawia przed producentami i technologami żywności nowe, niełatwe do rozwiązania zadanie.

Przechowywanie po ogrzewaniu mięsa w warunkach chłodniczych powoduje powstanie obcego, niepożądanego zapachu i smaku określanego mianem „starego, zleżałego lub zjełczałego”. Ten niepożądany zapach i smak staje się bardziej wyczuwalny, kiedy przechowywane w warunkach chłodniczych mięso jest ponownie ogrzewane (odgrzewane lub podgrzewane), np. w celu przygotowania do spożycia. Mięso takie charakteryzuje się **obcym, niepożądanym zapachem i smakiem**, który w języku angielskim określony jest jako „**warmed – over flavor**” (WOF). Powstawanie WOF po raz pierwszy było rozpoznane już w 1958 r. przez Tims i Watts z Uniwersytetu Stanowego na Florydzie [43], a późniejsze wyniki badań z tego zakresu zostały zebrane i opisane przez Angelo i Baileya [1]. Termin WOF jest obecnie powszechnie stosowany do opisu szybko tworzącego się obcego zapachu i smaku w mięsie ogrzewanym i przechowywanym w warunkach chłodniczych, w których „**stary, zjełczały i jełki**” **zapach i smak jest wyczuwalny po 48 godz. przechowywania w stanie schłodzonym w temp. 4°C**. Cechą istotną tego procesu jest to, że zachodzi on bardzo szybko w przeciwieństwie do wolno rozwijającego się jełczenia oksydacyjnego, wyczuwalnego wyraźnie dopiero po kilku tygodniach lub nawet miesiącach przechowywania w stanie zamrożonym. Tworzenie się WOF powoduje utratę charakterystycznej świeżości typowej dla mięsa i smaku mięsnego bezpośrednio po ogrzewaniu z jednoczesnym pojawieniem się zestarzałego i jełkiego posmaku utlenionych lipidów [3]. Obcy smak i zapach określany m.in. mianem kartonowy [36] może także rozwijać się szybko w rozdrobnionym mięsie surowym (nieogrzewanym) wystawionym na działanie powietrza. Ogólnie przyjmuje się, że wszystkie procesy, w których następuje naruszenie lub uszkodzenie natywnej struktury błon komórkowych mięsa, przyspieszają procesy odpowiedzialne za powstawanie WOF. Jak ważny jest to problem, niech świadczy fakt, że ponad 70% uniwersytetów i instytutów badawczych w USA zostało włączonych w tematykę określania znaczenia WOF zarówno w systemie żywienia indywidualnego, jak i zbiorowego. Potwierdzają to wyniki ankiety, z której wybrano odpowiedzi na dwa z kilku zadanych pytań. Czy kiedykolwiek jadłeś potrawy mięsne z oznakami obcego niepożądanego zapachu i smaku? W domu – odpowiedzi twierdzących było 73,6%, w zakładach żywienia zbiorowego – odpowiedzi twierdzących było 67,8%. Na pytanie, kiedy najczęściej zetknąłeś się ze zmianami typu WOF w mięsie, udział procentowy respondentów był następujący: 28% – potrawy przyrządzone w domu i spożywane na drugi lub trzeci dzień po przygotowaniu, najczęściej po odgrzaniu; 20% – gotowe do spożycia produkty mięsne zakupione w sklepach i odgrzewane przed spożyciem; 20% – dania gotowe podawane w samolotach; 14% – dania gotowe w barach samoobsługowych; 14% – w restauracjach; 4% – posiłki mięsne przygotowane bezpośrednio przed spożyciem [21].

Biochemiczne aspekty utleniania lipidów mięsa sprowadzają się do analizy składu **lipidów** (kwasów tłuszczowych) oraz katalizatorów utleniania lipidów występujących w mięsie. Znaczenie lipidów w procesach jełczenia i tworzenia się WOF w mięsie jest w coraz większym stopniu udokumentowane naukowo. Już Tims i Watts [43] stwierdzili,

że powstawanie WOF w ogrzewanym mięsie jest wynikiem bardzo szybko rozwijającego się procesu utleniania lipidów. Późniejsze badania wykazały, że fosfolipidy znacznie szybciej ulegają procesom utleniania w ogrzewanym mięsie niż triacyloglicerole. Pikul i in. [32] udowodnili, że ponad 80% aldehydu malanowego oznaczonego w ogólnej ilości lipidów mięsa kurcząt pochodziło z fosfolipidów. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że fosfolipidy odgrywają decydującą rolę w rozwoju obcego zapachu i smaku w ogrzewanej wołowinie, wieprzowinie oraz mięsie kurcząt i indyków. Triacyloglicerole mają w tym przypadku znacznie mniejsze znaczenie, a ich rola wzrasta w powstawaniu WOF wtedy, kiedy występują razem z fosfolipidami. Szczególna podatność fosfolipidów na utlenianie jest wynikiem dużej zawartości w nich kwasów nienasyconych, głównie linolowego i arachidonowego. Udział kwasów tłuszczowych z trzema i większą ilością wiązań podwójnych w stosunku do ogólnej ilości kwasów tłuszczowych fosfolipidów mięśni piersiowych i udowych kurcząt wynosi ok. 20%, podczas kiedy w acyloglicerolach kwasy te stanowią średnio tylko 2%. Analizując poszczególne frakcje fosfolipidów, stwierdzono, że fosfatydyloetanolamina odgrywa największą rolę w jełczeniu oksydacyjnym ogrzewanego mięsa. Pikul i Kummerow [31] wykazali, że w ogólnej ilości fosfolipidów mięsa i skóry kurcząt fosfatydyloetanolamina stanowi ok. 30% i zawiera ponad dwukrotnie więcej polienowych kwasów tłuszczowych niż fosfatydylocholina. Najwięcej polienowych kwasów tłuszczowych ze wszystkich frakcji fosfolipidów zawiera fosfatydyloinozytol, jednak jego udział w ogólnej ilości fosfolipidów mięsa kurcząt jest znacznie mniejszy i stanowi ok. 8%. Niezależnie od dużego stopnia nienasylenia kwasów tłuszczowych fosfolipidy są podatniejsze na utlenianie niż triacyloglicerole, ponieważ występują one w błonach komórkowych w bezpośrednim sąsiedztwie związków katalizujących utlenianie lipidów. Jednocześnie procesy, w wyniku których następuje uszkodzenie błon komórkowych, takie jak np. rozdrabnianie lub emulgowanie powodują odsłanianie i wystawianie fosfolipidów na działanie tlenu atmosferycznego, enzymów, barwników hemowych i jonów metali, które to czynniki są przyczyną szybkiego psucia się tłuszczów, nawet w mięsie surowym, niepoddanym obróbce cieplnej.

Katalityczne oddziaływanie **barwników hemowych** oraz **żelaza hemowego i niehemowego** na utlenianie się lipidów mięsa zostało dobrze udokumentowane [35]. Chromoproteiny mięsa, takie jak mioglobina i cytochromy, mogą zarówno same katalizować procesy utleniania się lipidów mięsa surowego oraz ogrzewanego, jak również stanowić źródło tworzenia się żelaza niehemowego, które jest aktywnym katalizatorem odpowiedzialnym za szybkie utlenianie się lipidów w mięsie ogrzewanym. Przyjmuje się, że chromoproteiny nie są aktywne katalitycznie, jeżeli występują jako białka natywne o nienaruszonej strukturze, co może być wynikiem tego, że w natywnych chromoproteinach hem znajduje się „schowany” w hydrofobowej wnęce między zwojami łańcucha polipeptydowego (globiny), oraz że chromoproteiny mięsa występują w cytoplazmie, podczas gdy fosfolipidy są w błonach komórkowych, liposomach, mikrosomach, itp., co powoduje, że katalizator i substrat nie znajdują się w bezpośrednim kontakcie. Kiedy jednak mięso jest ogrzewane, struktura komórek ulega uszkodzeniu i siły w natywnym układzie, które utrzymują grupy hemowe i lipidy oddzielnie, są eliminowane. W wyniku tego grupy hemowe mają tendencję do przemieszczania się w tkankach mięśniowych. Jednocześnie grupy hemowe pozbawione części białkowej nie rozpuszczają się w wodzie, a rozpuszczają się w semipolarnych organicznych systemach, co ułatwia przemieszczanie się grup hemowych w polarnych lipidach [21]. Chociaż wiele metali występujących w mięsie może przyspieszać utlenianie się

lipidów, to jednak większość badań dotyczy **żelaza** jako katalizatora odpowiedzialnego za szybkie utlenianie lipidów, jak i powstawanie WOF w mięsie. W mięsie wołowym więcej niż 70% żelaza związane jest w formie chromoprotein, podczas kiedy w mięsie kurcząt ilość żelaza związanego w tej formie chromoprotein stanowi mniej niż 30%. Mięso zawiera także własne żelazo niehemowe (nieorganiczne), którego udział wzrasta podczas ogrzewania mięsa, np. w świeżej wołowinie z 9,9 do 20,9 mg/g. Ten wzrost ilości żelaza niehemowego nie oznacza jednak całkowitej degradacji grup hemowych, których znaczną ilość stwierdzono również w mięsie po ogrzewaniu. Zarówno żelazo hemowe, jak i niehemowe katalizują oksydację lipidów mięsa. **Żelazo niehemowe** odgrywa większą rolę w przyspieszaniu procesów utleniania lipidów mięsa niż żelazo hemowe, szczególnie w środowisku kwaśnym przy wartościach pH ok. 4,5. Nie stwierdzono istotnego oddziaływania katalitycznego żelaza niehemowego przy wartościach pH powyżej 6,4. Uważa się, że **żelazo hemowe** może inicjować utlenianie lipidów zarówno w mięsie surowym, jak i ogrzewanym, podczas gdy żelazo niehemowe odgrywa większą rolę w przyspieszaniu procesów utleniania się lipidów w mięsie ogrzewanym. Mechanizm katalitycznego oddziaływania żelaza na utlenianie się lipidów mięsa i powstawanie WOF był przedmiotem wielu badań. Przyjmuje się, że metale mogą przyspieszać utlenianie lipidów mięsa przez ułatwienie tworzenia się wolnych rodników na etapie inicjacji oraz przyspieszenie rozkładu wodoronadtlenków.

Wpływ procesów przetwarzania na jejczenie lipidów i powstawanie WOF w mięsie jest również dobrze udokumentowany. Do czynników przyspieszających te procesy należą: ogrzewanie, zabiegi, w wyniku których następuje uszkodzenie struktury tkanek, przechowywanie oraz dodatki wykazujące prooksydacyjne działanie. W **ogrzewanym mięsie** wystawionym na działanie tlenu z powietrza może powstawać obcy, niepożądany zapach i smak już po kilku godzinach przechowywania. Przyjmuje się, że zwiększenie szybkości utleniania lipidów w ogrzewanym mięsie może zachodzić na skutek uwalniania żelaza niehemowego i jego działania jako katalizatora, denaturacji chromoprotein i wzrostu ich aktywności prooksydacyjnej, denaturacji błon komórkowych i uwolnienia fosfolipidów, które są odpowiedzialne za powstawanie WOF, oraz uszkodzenia natywnej struktury mięśni, co sprzyja przemieszczaniu się składników lipidowych i katalizatorów, ułatwiając wzajemny kontakt między nimi. Stosowane powszechnie metody ogrzewania mięsa i jego przetworów powodują uszkodzenie struktury mięśni i błon komórkowych, a tym samym współdziałają w rozwoju WOF. Jednocześnie zakres utleniania się lipidów ogrzewanego mięsa jest ściśle związany z intensywnością procesu ogrzewania [28]. Lipidy mięsa ogrzewanego przez jedną godzinę w temp. 80°C utleniają się szybciej niż mięsa ogrzewanego w temp. 110°C, na co wskazują większe wartości liczby TBA i niższe oceny sensoryczne. Podobny kierunek zmian ma miejsce w mięsie przechowywanym w warunkach chłodniczych po jednogodzinnym ogrzewaniu w temp. 70 i 120°C. Ogrzewanie, np. w temperaturach sterylizacyjnych, zabezpiecza mięso przed powstawaniem WOF prawdopodobnie dlatego, że tworzą się związki o charakterze przeciwutleniaczy. W mięsie ogrzewanym przez dłuższy okres czasu (40 min lub dłużej) lub w wyższych temperaturach stwierdzono mniejszą ilość produktów utleniania w czasie chłodniczego przechowywania niż w mięsie ogrzewanym w niższych temperaturach lub przez krótszy okres czasu. Prawdopodobnie jest to wynikiem różnej zawartości żelaza niehemowego. Wolne ogrzewanie powoduje większy wzrost ilości żelaza niehemowego niż szybkie ogrzewanie. Optymalna temperatura do uwalniania żelaza z pierścienia porfirynowego chromoprotein mieści się w zakresie od 63 do 70°C [26].

**Procesy rozdrabniania i emulgowania mięsa**, prowadząc do uszkodzenia natywnej struktury tkanek i błon komórkowych, przyspieszają jętczenie oksydacyjne i powstawanie WOF. I chociaż nie można wykluczyć powstawania WOF w rozdrobnionym mięsie surowym po wystawieniu go na działanie powietrza i przechowywaniu w temperaturze pokojowej, to jednak zjawisko to zachodzi przede wszystkim w mięsie ogrzewanym i przechowywanym w warunkach chłodniczych. Proces tworzenia się WOF jest znacznie przyspieszony, jeżeli ogrzewane mięso poddane jest dodatkowym zabiegom powodującym uszkodzenie natywnej struktury tkanek i komórek poprzez jego rozdrabnianie, plasterkowanie lub emulgowanie, z towarzyszącym tym procesom wprowadzeniem powietrza (tlenu) do rozdrobnionych i odsłoniętych tkanek. Jednoczesne odsłonięcie występujących w błonach komórkowych fosfolipidów, które zawierają znaczące ilości polienowych kwasów tłuszczowych, szczególnie wrażliwych na utlenianie, znacznie przyspiesza te procesy. Tłumaczy to także, dlaczego chude mięso, w lipidach którego duży udział procentowy stanowią fosfolipidy, jest bardzo podatne na powstawanie WOF, nawet kiedy zawiera bardzo małą ogólną ilość lipidów. Ponadto obecność katalizatorów i ich bezpośredni kontakt w rozdrobnionym mięsie z podatnymi na utlenianie lipidami może także współuczestniczyć w szybkim rozwoju WOF [21].

Szybkie pogorszenie zapachu i smaku w ogrzewanym mięsie można niekiedy zaobserwować już po kilku godzinach **chłodniczego przechowywania**. Jednakże obcy niepożądany zapach i smak jest wyraźnie wyczuwalny dopiero po upływie 48 godz. przechowywania ogrzewanego mięsa w warunkach chłodniczych. Ogrzewane, a następnie przechowywane w temp. 4°C przez 48 h mięso jest podatniejsze na rozwój WOF niż to samo mięso przechowywane w temp. -18°C przez 48 h [8]. Niezależnie od szybkiego utleniania się lipidów podczas przechowywania mięsa ogrzewanego procesy jętczenia oksydacyjnego zachodzą także w mięsie nieogrzewanym, wywołując niekorzystne zmiany smaku, zapachu i barwy. Utlenianie lipidów ma również miejsce podczas przechowywania mięsa w stanie zamrożonym [37]. Przy czym podatność lipidów na utlenianie zależy przede wszystkim od stopnia ich nienasylenia. Biorąc pod uwagę rosnącą podatność lipidów na utlenianie oraz występowanie WOF, gatunki mięsa można poszeregować w następujący sposób: mięso baranie, bydłace, wieprzowe, kurcząt oraz indyków [45]. Wymagane jest jednak kilka tygodni lub nawet miesięcy, aby zaobserwować istotne zmiany w zawartości produktów utleniania lipidów podczas zamrażalniczego przechowywania surowego mięsa. Pakowanie w atmosferze azotu, niedopuszczenie do wzrostu temperatury lub jej znacznych wahań w czasie zamrażalniczego przechowywania może także w istotny sposób zmniejszyć szybkość utleniania lipidów. Pakowanie próżniowe dużych elementów mięsa ogranicza, ale nie eliminuje utleniania lipidów podczas długiego okresu zamrażalniczego przechowywania. Zamrażanie kawałków ogrzewanego mięsa pokrytych sosami, które ograniczają kontakt ich powierzchni z powietrzem, może także przedłużyć okres ich trwałości.

Dodatek **soli kuchennej** przyspiesza utlenianie lipidów nie tylko w wyrobach mięsnych, ale także w surowym i ogrzewanym mięsie peklowanym przechowywanym w stanie zamrożonym. Szybkość tego procesu zależy od temperatury i czasu przechowywania mięsa. Prooksydacyjne działanie soli kuchennej zależy od jej stężenia. W surowej rozdrobnionej wołowinie jętczenie oksydacyjne wzrasta jednocześnie ze zwiększaniem się stężenia soli od 0,5 do 2% podczas przechowywania mięsa zarówno w temp. 4°C, jak również 20°C. Natomiast zwiększenie stężenia soli do 3% spowodowało zmniejszenie szybkości utleniania. Aktywność katalityczna dodanej soli jest różna w zależności od rodzaju kationów

w solach chlorkowych. Nie stwierdzono np. katalitycznego działania chlorku potasu w ilości 1,94% na utlenianie lipidów w rozdrobnionej zamrożonej wieprzowinie. Zastąpienie chlorku sodu chlorkiem potasu okazało się bardzo skutecznym sposobem ograniczenia jęłczenia oksydacyjnego lipidów zarówno w surowym, jak i ogrzewanym mięsie wieprzowym przechowywanym w temp. 4°C. Ilość chlorku potasu, jaką można dodać do produktów mięsnych, jest jednak ograniczona i nie powinna przekraczać 0,5% ze względu na jego gorzki smak. Górną akceptowaną sensorycznie granicą zastąpienia stosowanej ilości chlorku sodu przez chlorek potasu w przetworach mięsnych jest 33%. Mechanizm prooksydacyjnego działania chlorku sodu nie został w pełni wyjaśniony. Jedną z możliwości tłumaczenia tego zjawiska jest zanieczyszczenie soli kuchennej śladami metali, szczególnie dwuwartościowych, które działają katalitycznie w stosunku do lipidów. Potwierdzeniem tej tezy mogą być wyniki badań, które wskazują, że w przypadku zastosowania chemicznie czystego chlorku sodu do mięsa nie stwierdzono jego katalitycznego działania na utlenianie lipidów. Prooksydacyjne działanie soli kuchennej w produktach mięsnych można zminimalizować przez dodatek innych składników mieszanki peklującej, np. azotynów i askorbinianów [21].

#### 7.4. Sposoby ograniczania procesów utleniania lipidów mięsa drobiowego oraz powstawania obcego, niepożądanego zapachu i smaku

Zwykle z czynnikami przyspieszającymi utlenianie, zwanymi **prooksydantami**, w mięsie występują składniki, które procesy te opóźniają. Określa się je mianem **przeciwutleniaczy** (antyoksydantów). Sposób ich działania jest różnorodny, mogą one osłabiać działanie prooksydantów lub hamować łańcuch reakcji autooksydacji na jednym z wymienionych wcześniej etapów. Jak wykazały badania, procesy jęłczenia oksydacyjnego i powstawania WOF w mięsie i produktach mięsnych mogą być skutecznie kontrolowane i ograniczane poprzez zastosowanie związków o charakterze przeciwutleniaczy. Związki te stosuje się pojedynczo lub w postaci różnych mieszanin i mogą obejmować wiele dodatków, począwszy od składników stanowiących naturalne przeciwutleniacze pochodzenia roślinnego do syntetycznych przeciwutleniaczy fenolowych. Badania ostatnich lat potwierdziły, że **azotan III** jest bardzo skutecznym inhibitorem utleniania lipidów i powstawania WOF w ogrzewanym mięsie. Azotany III dodawane w ilości 200 mg/kg prawie całkowicie eliminują WOF, a dodane na poziomie 50 mg/kg znacznie ograniczają tworzenie się obcego zapachu i smaku [38]. Azotany III w stężeniu 156 mg/kg ograniczają powstawanie WOF w ogrzewanym mięsie, co znalazło swoje odbicie w dwukrotnym zmniejszeniu liczby TBA w mięsie bydłowym i mięsie kurcząt oraz pięciokrotnym zmniejszeniu tego wskaźnika w mięsie wieprzowym w porównaniu z próbą kontrolną bez dodatku azotanów. I chociaż mechanizm skutecznego ograniczenia WOF przez azotany nie jest dokładnie znany, to jednak wyniki badań sugerują, że jest to oddziaływanie wielokierunkowe. Azotany III mogą ograniczać utlenianie lipidów mięsa w wyniku tego, że tworzą stabilny kompleks z chromoproteinami mięsa, chronią je w ten sposób przed uwalnianiem żelaza z pierścienia porfiryнового barwników hemowych, stabilizują nienasycone lipidy błon komórkowych,

które są porozrywane i wystawione na działanie powietrza (tlenu) w czasie ogrzewania i rozdrabniania mięsa, wiążą żelazo, tworząc nieaktywne związki, które nie katalizują utleniania lipidów oraz ze względu na to, że tlenek azotu jest aktywnym rodnikiem, wiążąc m.in. wolne rodniki lipidowe. Ponieważ silnie rozdrobnione farsze mięsne, zwane potocznie emulsjami mięsnymi, są przynajmniej tak samo, jeżeli nie bardziej podatne na rozwój WOF niż mięso o dużym lub średnim stopniu rozdrobnienia, dlatego też dużą rolę do spełnienia w ograniczaniu tych procesów ma dodatek azotanów. Stanowią one podstawowy związek zabezpieczający przed powstawaniem WOF. Dlatego też większość znajdujących się na rynkach światowych gotowych dań i produktów mięsnych, uprzednio ogrzewanych i przechowywanych w warunkach chłodniczych lub w stanie zamrożonym, przygotowywana jest z mięsa peklowanego z udziałem azotanów.

Dodatek **fosforanów** do mięsa opóźnia procesy utleniania lipidów w ogrzewanym mięsie [43]. Fosforany działają jako związki kompleksujące metale, głównie żelazo, które jak wcześniej zaznaczono, jest jednym z podstawowych prooksydantów w ogrzewanym mięsie. Skuteczne działanie fosforanów w ograniczeniu procesu utleniania lipidów ogrzewanego mięsa stwierdzono w przypadku pirofosforanów i sześciometafosforanów. Efektu takiego nie dają ortofosforany. Dodatek niewielkiej ilości **kwasu askorbinowego** na poziomie poniżej 100 mg/kg przyspiesza powstawanie obcego smaku i zapachu w produktach mięsnych. Zwiększenie dodatku kwasu askorbinowego do 1000 mg/kg powodowało istotne zwolnienie utleniania lipidów mięsa. Dzieje się to prawdopodobnie dlatego, że dopiero stosunkowo duże ilości kwasu askorbinowego zmieniają na korzyść równowagę między ilością żelaza dwu- i trójwartościowego. Kwas askorbinowy podobnie jak fosforany zwiększa działanie naturalnych przeciwutleniaczy. Kwas askorbinowy lub askorbiniany dodaje się zwykle razem z fosforanami. Dodatek 3000 mg/kg tripolifosforanu sodu i 550 mg/kg askorbinianu sodu okazał się bardzo skuteczny w obniżaniu wskaźnika TBA podczas przechowywania mięsa w temp. 4°C przez 35 dni. Pirofosforan sodu lub sześciometafosforan sodu dodane w ilości 3000 mg/kg każdy, w obecności askorbinianu sodu obniżają wartości TBA w mięsie wieprzowym. Jeszcze skuteczniej związki te działają, jeżeli występują razem z azotanami. Stosowanie mieszaniny **azotanów, fosforanów i askorbinianów** jest szczególnie efektywne w hamowaniu procesów utleniania fosfolipidów i lipoproteidów, które wydają się być przede wszystkim odpowiedzialne za powstawanie WOF. To wspólne działanie wymienionych związków pozwala wyjaśnić, dlaczego w praktyce nie stwierdza się występowania obcego, niepożądanego zapachu i smaku w peklowanym mięsie. **Kwas cytrynowy** zwiększa działanie naturalnych przeciwutleniaczy w mniejszym stopniu niż np. fosforany. Stwierdzono tylko nieznaczne ochronne działanie na utlenianie lipidów rozdrobnionej ogrzewanej wołowiny, kiedy cytrynian sodu dodano w ilości 5000 mg/kg. Inne badania wykazały, że kwas cytrynowy obniżał wartości liczby TBA w szynce przechowywanej w warunkach chłodniczych, kiedy jego dodatek wynosił 1000 mg/kg [21]. Oprócz fosforanów również inne związki chelatujące metale wykazują efektywne działanie jako inhibitory utleniania lipidów mięsa, przypuszczalnie dlatego, że mają zdolność do kompleksowania i odizolowania jonów żelaza i miedzi. Liu i Watts [12] wykazali, że dodatek **EDTA** (kwas etylenodiaminoczeroctowy) do surowej wołowiny chroni lipidy przed katalitycznym działaniem jonów żelaza dwuwartościowego. Późniejsze badania potwierdziły, że dodatek EDTA skutecznie kompleksuje wolne jony żelaza i tym samym znacznie redukuje oksydację lipidów w ogrzewanym mięsie. I chociaż EDTA jest doskonałym związkiem wykorzystywanym we wszystkich badaniach dotyczących określania roli jonów metali

ciężkich w procesach utleniania lipidów, jak dotychczas nie został dopuszczony jako dodatek do produktów mięsnych.

Liczba **przeciwutleniaczy syntetycznych** dopuszczonych do żywności jest różna i ograniczona obowiązującymi przepisami w poszczególnych krajach. Działanie najaktywniejszych przeciwutleniaczy polega na przerwaniu łańcucha wolnorodnikowej reakcji poprzez reagowanie z wolnymi rodnikami, które powstają podczas utleniania lipidów. Cechą charakterystyczną przeciwutleniaczy syntetycznych jest to, że są one skuteczne już przy bardzo małych stężeniach od 0,001 do 0,1% w stosunku do ilości tłuszczu. Do przeciwutleniaczy syntetycznych zalicza się BHA (butylohydroksyanizol), BHT (butylohydroksytoluen), TBHQ (butylohydrochinon) oraz estry kwasu galusowego (propylowy, dodecylowy). Fenolowe przeciwutleniacze syntetyczne dodane do mięsa wydatnie ograniczają utlenianie lipidów mięsa. Dodatek BHA i galusanu propylu w istotny sposób zmniejsza utlenianie lipidów zarówno w świeżej rozdrobnionej wołowinie, jak i przechowywanej przez 8 dni w warunkach chłodniczych. Dodatek 100 mg/kg BHA lub BHT istotnie obniża wartości TBA w ogrzewanej rozdrobnionej wieprzowinie. Wprowadzony do mięsa „Tonox IV” (mieszanina BHA i BHT) zwalnia procesy utleniania lipidów w rozdrobnionej wołowinie z dodatkiem soli kuchennej. Przykłady te wskazują na skuteczne działanie fenolowych przeciwutleniaczy syntetycznych, rozpuszczalnych w tłuszczach, na jejczenie lipidów i powstawanie WOF zarówno w mięsie rozdrobnionym, jak i emulsjach mięsnych. Związki te mają jednak niewielkie znaczenie w całych i rozdrobnionych dużych kawałkach mięsa lub produktach z ich udziałem. Problemem jest odpowiednie i równomierne rozrowadzenie przeciwutleniaczy w całej objętości kawałków. Ponadto tylko niektóre z nich są dopuszczone, i to do ściśle określonych produktów [21].

Obecnie światowe trendy w przetwórstwie żywności, w tym także mięsa, sprowadzają się do coraz powszechniejszego wprowadzania i wykorzystywania **naturalnych przeciwutleniaczy**, do ograniczania utleniania lipidów, jak również zabezpieczania przed powstawaniem WOF. Dlatego też coraz więcej badań nad tymi zagadnieniami ogniskuje się wokół określenia aktywności przeciwutleniającej związków naturalnie występujących w żywności lub do niej dodanych. Substancje te wchodzi w skład różnych jadalnych surowców i dodatków, takich jak warzywa, owoce, nasiona roślin oleistych i zbóż, przyprawy, zioła i hydrolizaty białkowe. Wskazano, że wodne ekstrakty z cebuli, czosnku, liści selera, skórki ziemniaków i pieprzu są bardzo skuteczne w ograniczaniu powstawania obcego smaku i zapachu w rozdrobnionej wołowinie. Wymienione i inne ekstrakty z warzyw wykazują właściwości przeciwutleniające i w istotny sposób ograniczają utlenianie lipidów również w ogrzewanym mięsie. Stwierdzono, że te antyoksydacyjne właściwości są ściśle skorelowane z zawartością w nich flawonoidów stanowiących największą grupę fenoli roślinnych. Zagęszczone soki owoców cytrusowych również wykazują przeciwutleniającą aktywność w ogrzewanym mięsie. Przykładem może być zagęszczony sok cytrynowy dodany do pasztetów z mięsa wołowego. Aktywność przeciwutleniającą mają także inne surowce i otrzymane z nich wyciągi, np. owoce dzikiej róży, zielone części roślin i traw oraz wodorosty morskie. Inne badania wykazują, że mięso lub potrawy mięsna przykryte w czasie przechowywania ekstraktami zawierającymi składniki **nasion roślin oleistych** lub **zagęszczonymi sosami** z ich udziałem ograniczają do minimum powstawanie WOF. Stwierdzono również, że jeżeli do sosów pokrywających mięso wprowadzić białka soi, bawełny lub orzeszków ziemnych na poziomie 3%, wówczas zwiększy się stabilność lipidów w rozdrobnionym mięsie wołowym. Także ekstrakty wodne o stężeniu 6% przycoto-



wane z odtłuszczonych nasion roślin oleistych, kiedy użyto ich jako roztworów pokrywających kawałki pieczonej wołowiny, w istotny sposób obniżyły wartości TBA i opóźniły powstawanie WOF podczas przechowywania mięsa w warunkach chłodniczych. Nawet niewielkie ilości białek roślin oleistych mogą być dodawane do naturalnych lub zagęszczonych sosów w celu zwiększenia stabilności ogrzanych produktów mięsnych przechowywanych w warunkach chłodniczych lub w stanie zamrożonym [21]. Aktualnie stwierdzono wysoką efektywność antyoksydacyjną katechin herbaty zielonej wobec mięsa drobiu [16, 42].

Obserwacje o zwiększonej trwałości produktów z dodatkiem przypraw i ziół stały się sygnałem do wielu badań nad określeniem ich właściwości przeciwutleniających zarówno w układach modelowych zawierających tłuszcze i oleje, jak również w emulsjach mięsnych. Wiele stosowanych przypraw i ziół wykazuje antyoksydacyjne działanie. Badania nad określeniem skuteczności ochronnego działania przypraw i ziół w stosunku do lipidów zawartych w kiełbasach dowiodły, że najskuteczniej działa rozmaryn, szałwia i czosnek, a nieco słabiej ziele angielskie i pieprz. Grupę przypraw niemających istotnego wpływu na stabilność lipidów stanowiły: chili, imbir, majeranek i tymianek. Do przypraw przyspieszających utlenianie lipidów należy kardamon, kolendra, gałka muszkatołowa. Stwierdzono bardzo silne przeciwutleniające działanie czosnku, m.in. w odniesieniu do tłuszczów drobiowych podczas ich zamrażalniczego przechowywania. Dodatek przemysłowego ekstraktu rozmarynu do mięsa drobiu odzyskanego mechanicznie w ilości 0,01 i 0,05% w stosunku do zawartości tłuszczu hamował procesy utleniania podczas przechowywania w temp. 3°C. Wyciągi i ekstrakty z przypraw mają jednak ograniczone zastosowanie ze względu na specyficzny smak i zapach charakterystyczny dla danej przyprawy. Stąd też czynione są próby otrzymywania substancji przeciwutleniających z przypraw i ziół częściowo lub całkowicie pozbawionych specyficznych związków smakowo-zapachowych. Stwierdzono, że dodatek bezwonnego ekstraktu rozmarynu w ilości 20 mg/kg do kiełbasek śniadaniowych z indyka miał silne działanie przeciwutleniające, podobne do stosowanej w skali przemysłowej w Stanach Zjednoczonych mieszaniny zawierającej BHA, BHT i kwas cytrynowy. Ekstrakty z imbiru dodane w ilości 0,25 i 0,5% znacznie obniżyły wartości TBA w pasztetach ogrzewanych i przechowywanych w warunkach chłodniczych. Składniki fenolowe, takie jak flawonoidy, kwasy fenolowe, tokoferole, fenole i terpeny są dominujące w przyprawach i decydują o ich aktywności przeciwutleniającej. Mogą one działać jako typowe przeciwutleniacze lub też mogą wykazywać działanie synergistyczne w stosunku do innych przeciwutleniaczy, np. BHA i BHT [21].

Dodatek **tokoferoli** do rozdrobnionego mięsa lub całych kawałków mięsa nie miał istotnego wpływu na ograniczenie procesów utleniania lipidów. Dlatego też badania poszły w kierunku znalezienia sposobu zwiększenia poziomu naturalnych przeciwutleniaczy, m.in. tokoferoli w mięsie poprzez stosowanie dodatku tych związków do mieszanek paszowych. Udowodniono, że stabilność w świeżych produktach z mięsa wieprzowego oraz drobiowego można znacznie zwiększyć, jeżeli do mieszanki paszowej dodano 200 mg/kg alfa-tokoferolu [5, 21]. Potwierdza to hipotezę, że odkładanie się tokoferoli w błonach komórkowych może stabilizować wrażliwe na utlenianie fosfolipidy i w efekcie ograniczyć utlenianie lipidów. Podobne obserwacje uzyskano w przypadku indyków karmionych mieszaną z dodatkiem tokoferoli [41]. Zwiększając zawartość alfa-tokoferolu w mieszance paszowej, wzrasta ilość tokoferolu odłożona w mięśniach piersiowych i mięśniach nóg. Jednocześnie zauważono, że w mięśniach zawierających większe ilości tokoferoli procesy utleniania

lipidów zachodziły wolniej niż w pozostałych, podczas trzymiesięcznego okresu przechowywania w stanie zamrożonym. Tym również tłumaczy się większą stabilność lipidów mięsa kurcząt niż indyków, pomimo że ilość i skład lipidów w obu przypadkach są zbliżone, jednak zawartość tokoferoli jest 3–4 razy większa w mięsie kurcząt niż indyków. Podatność lipidów mięsa surowego i ogrzewanego na utlenianie podczas chłodniczego przechowywania uzależniona jest od stosunku alfa-tokoferolu i kwasów polienowych w tym mięsie. Im większy ten stosunek, tym lipidy mięsa są odporniejsze na procesy utleniania [47]. Niektóre z naturalnych przeciwutleniaczy, np. katechiny, wykazują działanie ochronne wobec tokoferoli w tkance mięśniowej m.in. dzięki ograniczeniu utleniania fosfolipidów [46]. Wzbogacanie paszy kurcząt i indyków **związkami witaminowo E-aktywnymi** wpływa także korzystnie na stabilność cholesterolu, a tym samym ogranicza ilość i rodzaj produktów utleniania cholesterolu podczas przetwarzania i przechowywania mięsa [26, 27, 39]. Zarówno skład, jak i jakość tłuszczów w mieszankach paszowych mają istotny wpływ na stabilność lipidów mięsa drobiu. Zwiększając stopień nienasycenia składników błon komórkowych mięśni przez podawanie w paszy utlenionych, zjełczałych tłuszczów, powoduje się zmniejszenie stabilności lipidów mięsa w procesach utleniania podczas jego przetwarzania oraz chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania [5, 25]. Istotną rolę w zapobieganiu procesom utleniania lipidów mięsa drobiu pochodzącego od ptaków żywnych mieszankami zawierającymi tłuszcze nienasycone, często utlenione, odgrywa wzbogacenie pasz związkami witaminowo E-aktywnymi. Niezależnie od tego, aby chronić tłuszcze będące składnikami mieszanek paszowych przed ich utlenieniem podczas przygotowania i przechowywania pasz przed użyciem, konieczny jest dodatek substancji o charakterze przeciwutleniaczy. Są to przeciwutleniacze syntetyczne, stosowane zwykle w postaci mieszanin wieloskładnikowych. Przeciwutleniacze znajdują się także w premiksach, do których dodaje się je w celu zabezpieczenia przed utlenianiem witamin rozpuszczalnych w tłuszczach oraz barwników [29]. Tłuszcze podawane w paszach dla ptaków mogą być też tłuszczami odpadowymi po procesach ogrzewania, najczęściej smażenia, jak również stanowią produkty uboczne otrzymywane w procesie rafinacji jadalnych olejów roślinnych. W produkcji drobiu na skalę przemysłową utlenione składniki paszy mogą powodować wiele niekorzystnych skutków zarówno dla producenta, jak i konsumenta [25]. Stąd też, aby zapewnić odpowiedni skład kwasów tłuszczowych lipidów mięśni ptaków i zwiększyć ich stabilność, należy eliminować z paszy tłuszcze utlenione, w szczególności termicznie utlenione oleje. Podawanie w paszy termicznie utlenionych olejów indukuje *in vivo* procesy utleniania w tkankach. Ograniczenie szybkości tego utleniania obserwuje się w większości tkanek, kiedy do paszy z utlenionymi olejami dodaje się **octan alfa-tokoferolu**. Jeżeli w paszy dla drobiu podawane są oleje gorszej jakości, to ilość alfa-tokoferolu podawana w paszy musi być większa, aby chronić lipidy mięsa drobiu przed procesami utleniania podczas przetwarzania, ogrzewania i dalszego przechowywania [40].

Reakcje Maillarda, zwane również ciemnieniem nieenzymatycznym albo reakcjami melanoidynowymi, reprezentują wiele złożonych reakcji chemicznych, w których różne aldehydy i ketony, w tym cukry redukujące, kondensują łatwo z aminokwasami, aminami, peptydami lub białkami, tworząc tzw. Zasady Schiffa, następnie N-podstawione glikozyloaminy i w końcowym etapie barwne związki, tj. melanoidy. Przeciwutleniająca aktywność **produktów reakcji Maillarda** została już dość dobrze udokumentowana [3, 21]. Wykorzystanie produktów reakcji Maillarda ma olbrzymie znaczenie w zapobieganiu lub zwalnianiu reakcji utleniania lipidów żywności. Właściwości antyoksydacyjne tych związków

są również bardzo przydatne do zabezpieczania przed rozwojem WOF w mięsie. Stwierdzono, że melanoidy i związki poprzedzające ich powstawanie otrzymane w procesie ogrzewania różnych cukrów (glukozy, ksylozy, laktozy) z aminokwasami (histrydyna, lizyna, arginina) wykazują silne właściwości antyoksydacyjne w układach zawierających mieszaniny różnych lipidów. Produkty reakcji Maillarda mogą w naturalny sposób powstawać w ogrzewanym mięsie dużych zwierząt rzeźnych, drobiu i ryb i występują wtedy zarówno w formie wolnej, jak i prekursorów. Wykorzystuje się je zatem w procesie przetwarzania i przygotowania potraw z mięsa do tworzenia się wysokocząsteczkowych melanoidów lub ich prekursorów o dużym potencjale przeciwutleniającym, użytecznym do zapobiegania lub ograniczania powstawania WOF w mięsie. Bezbarwne, pośrednie produkty reakcji Maillarda, powstające m.in. na etapie przegrupowania Amadori, mają skuteczne działanie antyoksydacyjne, które jest wynikiem przenoszenia atomów wodoru na rodniki nadtlenowe, przerywając łańcuch reakcji rodnikowych i wydłużając tym samym okres indukcyjny procesu utleniania. Jest też inna teoria, wg której antyoksydacyjny efekt produktów reakcji Maillarda jest wynikiem tworzenia się wolnych rodników podczas ogrzewania cukrów i aminokwasów. Dowiedziono, że niezagęszczone sosy otrzymane podczas ogrzewania wołowiny w temp. 110°C przez jedną godzinę mogą być stosowane do ograniczenia utleniania lipidów w mięsie ogrzewanym w temp. 74°C, podczas przechowywania w temp. 5°C przez 8 dni, kiedy mięso pokryte jest tymi sosami. Badania ostatnich lat dotyczą przede wszystkim określenia warunków reakcji Maillarda (temperatura i czas ogrzewania) w układach modelowych, wykorzystując różne cukry i aminokwasy, oraz wpływu otrzymanych produktów na utlenianie lipidów i powstawanie WOF. Stwierdzono, że produkty reakcji Maillarda, otrzymane w wyniku dwugodzinnego ogrzewania glukozy i histydyny w temp. 100°C, dodane w ilości 0,72%, hamowały tworzenie się lotnych produktów utleniania i związków, dających reakcję barwną w teście TBA w mięsie wołowym i wieprzowym przechowywanym w warunkach chłodniczych. Pomimo wielu badań nie udało się dotychczas jednoznacznie określić, który z pośrednich produktów reakcji Maillarda jest w największym stopniu odpowiedzialny za antyoksydacyjną aktywność. Wydaje się jednak, że niektóre produkty degradacji, takie jak np. maltol, powinny być wykorzystywane do hamowania powstawania WOF w mięsie. Zaobserwowano, że w obecności 0,075 i 0,15% maltolu w ogrzewanej rozdrobnionej wołowinie przechowywanej w temp. 4°C przez 3 dni nie stwierdzono praktycznie wzrostu zawartości produktów utleniania lipidów, podczas gdy w mięsie bez dodatku maltolu wzrost ten był dwukrotny. Produkty reakcji Maillarda mogą mieć duże znaczenie praktyczne w zapewnieniu pożądanego zapachu i smaku ogrzewanego mięsa podczas jego chłodniczego i przechowalniczego przechowywania. Stabilność lipidów mięsa pokrytego sosami jest znacznie większa, co pozwala znacznie wydłużyć okres trwałości [21]. Wykazano także korzystny wpływ panierowania na ograniczanie procesów utleniania smażonych zanurzeniowo kurcząt podczas ich chłodniczego przechowywania [34].

Już od dawna wiadomo, że **dym wędzarniczy** ma właściwości przeciwutleniające, będące wynikiem wielu jego składników, przede wszystkim zaś fenoli, aldehydów i kwasów. Aktywność przeciwutleniająca dymu wędzarniczego wzrasta jednocześnie ze wzrostem zawartości fenoli o wyższej temperaturze wrzenia, szczególnie takich jak 2,6 dimetoksy-fenol i 2,6 dimetoksy-4-etylo-fenol. Prowadzone są także prace nad określeniem wpływu ciekłych preparatów dymu wędzarniczego na utlenianie lipidów mięsa. Stwierdzono m.in., że chociaż kwas askorbinowy sam nie zwalnia zbyt skutecznie procesów utleniania lipidów, to jednak w powiązaniu z dodatkiem ciekłych preparatów dymu wędzarniczego

wykazuje skuteczne działanie synergistyczne w ograniczaniu oksydacji lipidów. Inne badania udowodniły, że dodatek 0,02% preparatu dymu wędzarniczego do mięsa drobiu odżykanego mechanicznie przed jego zamrożeniem zabezpiecza całkowicie przed wzrostem zawartości aldehydu malonowego podczas 19-tygodniowego przechowywania w temp. -18°C [21].

Postęp techniczno-technologiczny ostatnich lat w dziedzinie **pakowania mięsa** i jego przetworów wskazuje, jak ważną rolę w zachowaniu dobrej jakości produktów odgrywa pakowanie, gdzie wykorzystując materiały o dużej barierowości wobec gazów, można istotnie ograniczyć utlenianie lipidów, szczególnie całych i rozdrobnionych dużych kawałków mięsa lub produktów z ich udziałem. Nowoczesne techniki pakowania, takie jak pakowanie próżniowe, pakowanie w środowisku gazów ochronnych, zastosowanie folii termokurczliwych, mogą być także zastosowane w celu zmniejszenia ilości tlenu będącego w bezpośrednim kontakcie z produktem, a jednocześnie chronią mięso i wyroby mięsne przed oddziaływaniem czynników zewnętrznych. Równocześnie zabezpieczenie takich wyrobów przed dostępem światła umożliwia skuteczną kontrolę jakości produktu i pozwala uniknąć procesów utleniania lipidów i powstawania WOF. Impregnowanie materiałów opakowaniowych filmem z przeciwutleniaczy wydaje się być również przydatne do znacznego ograniczenia utleniania lipidów w niektórych wyrobach mięsnych. Postęp w dziedzinie pakowania zmierza do zastosowania takich systemów pakowania (pakowanie próżniowe, gazy ochronne, takie jak dwutlenek węgla i azot oraz opakowania aktywne) mięsa i produktów mięsnych, które dawałyby możliwość pełnej kontroli procesów oksydacyjnych w mięsie ogrzewanym i przechowywanym w warunkach chłodniczych lub w stanie zamrożonym [21].

## 7.5. Znaczenie tłuszczu drobiowego w żywieniu

Obecność lipidów w żywieniu człowieka jest niezbędna. Tłuszcze są głównym i najbardziej skoncentrowanym źródłem energii w żywieniu, gdyż z 1 grama dostarczają ok. 37,7 kJ, w przybliżeniu dwukrotnie więcej niż białka i sacharydy. Lipidy pełnią w ustroju również bardzo ważną funkcję strukturalną. Triacyloglicerole, fosfolipidy, cholesterol i jego estry stanowią część składową komórek ustrojowych, m.in. błon i organelli komórkowych. Tłuszcze są także źródłem i nośnikiem wielu substancji biologicznie czynnych, w tym witamin A, D, E i K oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Biorą również udział w syntezie niektórych hormonów tkankowych, np. prostaglandyn. Lipidy, w szczególności triacyloglicerole, są głównym składnikiem zapasowej tkanki tłuszczowej, która oprócz magazynu tłuszczowego chroni wewnętrzne organy przed wstrząsami oraz służy jako termiczny izolator ciepła. Przyjmuje się, że w prawidłowej dziennej racji pokarmowej zdrowego człowieka lipidy powinny dostarczać poniżej 30% energii przy pełnym pokryciu dziennego zapotrzebowania na witaminy rozpuszczalne w tłuszczach i NNKT, przy zachowaniu prawidłowego stosunku pomiędzy kwasami nasyconymi i nienasyconymi. Należy także zwrócić uwagę na ilość spożywanego w diecie cholesterolu. Z punktu widzenia żywieniowego ważne jest zapewnienie w diecie nie tylko ilościowego, ale także jakościowego składu lipidów. W tabeli 7.6 przedstawiono dane dotyczące wartości energetycznej mięsa różnych gatunków drobiu [18].

Najmniej energetyczne jest mięso indyków, a najbardziej energetyczne mięso kaczek i tuczonych gęsi. Więcej energii dostarcza mięso z nóg niż mięso z piersi, z wyjątkiem mięsa z gęsi, które ma dużą zawartość tłuszczu podskórnego. Ze względu na wyższy poziom tłuszczu w skórze drobiu porcje żywieniowe ją zawierające wykazują nawet trzykrotnie większy udział lipidów [44].

Tabela 7.6

Wartość energetyczna różnych rodzajów mięsa drobiowego ( $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-2}$ ) [18]

Rodzaj mięsa	Kurczęta	Kury	Indyczki	Indyki	Kaczki	Gęsi
z piersi	671,6	714,8	607,5	452,2	1230,2	1458,1
z nóg	697,6	971,2	636,8	494,4	1 389	1399,4

Poglądy na żywienie w ostatnich latach zmierzają w kierunku zmniejszenia spożycia tłuszczów, w szczególności tłuszczów nasyconych. Początkowo chodziło przede wszystkim o wzrost udziału w diecie polienowych kwasów tłuszczowych przez zwiększenie spożycia olejów roślinnych i ryb, obecnie zwraca się coraz więcej uwagi na wzrost spożycia kwasów monoenowych, w szczególności kwasu oleinowego, a więc kwasów, którymi należy zastąpić tłuszcze nasycone. Takie podejście żywieniowe stwarza korzystne warunki do wzrostu spożycia mięsa drobiowego, szczególnie mięsa drobiu grzebiącego (kurczęta i indyki), które zawiera w swoim składzie zbliżone ilości kwasów tłuszczowych nasyconych, monoenowych i polienowych. Niektóre spośród kwasów polienowych są niezbędne do prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmu. Spełniają one ważną rolę w zapobieganiu i leczeniu miażdżycy oraz innych stanów chorobowych prowadzących do zaburzeń gospodarki lipidowej ustroju. Polienowe kwasy tłuszczowe mają właściwości NNKT i należą do dwóch rodzin, kwasów tłuszczowych n-6 i n-3. Tkanki zwierząt i ludzi ze względu na brak odpowiednich układów enzymatycznych nie mają możliwości syntetyzowania kwasów linolowego (z rodziny n-6) i alfa-linolenowego (z rodziny n-3), stąd kwasy te muszą być dostarczone do organizmu w pożywieniu. Z kwasów tych jedynie w obrębie danej rodziny mogą tworzyć się kwasy o większej liczbie wiązań podwójnych oraz dłuższych łańcuchach. Badania ostatnich lat dostarczają coraz to nowych informacji dotyczących określenia właściwego stosunku kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 do kwasów z rodziny n-3 w diecie ludzi. Początkowo wskazywano jedynie na kwas  $\text{C}_{18:2}$  (n-6), aby podwyższyć jego zawartość do ilości stanowiącej 10% pokrycia energii przy założeniu, że 30% całkowitej energii pochodzi z tłuszczu. W latach osiemdziesiątych zwrócono uwagę na konieczność wzrostu udziału kwasu alfa-linolenowego ( $\text{C}_{18:3}$ ; n-3) w diecie jako prekursora kwasu dekozaheksaenowego ( $\text{C}_{22:6}$ ; n-3). Dowiedziono, że minimum 0,5% energii powinno pochodzić z kwasu  $\text{C}_{18:3}$ ; n-3 przy obecności innych długołańcuchowych kwasów z rodziny n-3. British Nutrition Foundation rekomenduje, aby 6% energii pochodziło z kwasu  $\text{C}_{18:2}$ ; n-6, 1% energii z kwasu ( $\text{C}_{18:3}$ ; n-3) i 0,55% energii z kwasów eikozapentaenowego oraz dekozaheksaenowego. Proponowany stosunek kwasów n-6 do n-3 powinien wynosić ok. 5 przy założeniu, że 1/3 tych kwasów tłuszczowych to kwasy długołańcuchowe. Stosunek kwasów tłuszczo-

wych z rodziny n-6 do kwasów n-3 wpływa na skład kwasów tłuszczowych fosfolipidów błon komórkowych, a to z kolei decyduje o przepuszczalności tych błon [23]. Tłuszcz pożywienia powinien dostarczać 20–30% energii dziennej racji pokarmowej i odpowiednią ilość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Przy założeniu, że całkowita ilość energii z tłuszczu nie przekracza 30%, kwasy tłuszczowe nasycone nie powinny przekraczać 10% energii, a najlepiej 8% energii. Z kwasów tłuszczowych monoenowych powinno pochodzić co najmniej 13% energii i z kwasów polienowych pozostałe 9% energii (7% energii z kwasu  $C_{18:2}$ ; n-6, 1% energii z kwasów  $C_{20:5}$ ; n-3 oraz  $C_{22:6}$ ; n-3). Rekomendowany stosunek kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 do kwasów n-3 wynosi jak 5:1. Przy podawaniu tych ilości NNKT w diecie należy zwiększyć odpowiednio udział produktów bogatych w tokoferole [15].

W ostatnich latach aspekty żywieniowe i zdrowotne wywierają coraz większy wpływ na wybór rodzaju żywności spożywanej przez konsumentów. Ten trend jest wynikiem współzależności pomiędzy rodzajem tłuszczów w diecie a rozwojem chorób wieńcowych u ludzi. Znaczne obniżenie ilości tłuszczów zapasowych i cholesterolu w tuszkach drobiowych, a jednocześnie polepszenie składu kwasów tłuszczowych (zwiększenie stopnia ich nienasyconienia) powoduje, że mięso drobiu, szczególnie grzebiącego, jest bardzo cenne z żywieniowego i ekonomicznego punktu widzenia, dając korzyści zarówno konsumentom, jak i producentom drobiu. Badania dowodzą, że skład kwasów tłuszczowych lipidów tuszek kurcząt może być poprawiony poprzez rodzaj i ilość tłuszczów podawanych w mieszankach paszowych. Odkładanie się tłuszczów zapasowych jest kontrolowane przez regulowanie stosunku energii do białka w paszy. Wprowadzając do paszy drobiu nasiona roślin oleistych, odtłuszczone mączki lub oleje roślinne, można w znacznym stopniu zwiększyć udział kwasów polienowych, w szczególności kwasów z rodziny n-3 [27]. Otrzymane w ten sposób mięso drobiu wzbogacone w kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 może być dodatkowo polecane jako źródło wzbogacające dietę ludzi w kwasy tłuszczowe z rodziny n-3. Stosunek polienowych kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 do n-3 w lipidach kurcząt i indyków jest również zbliżony do wartości obecnie zalecanych w żywieniu ludzi. Biorąc pod uwagę przedstawione zagadnienia, a w szczególności ilość i skład lipidów mięsa drobiu z uwzględnieniem NNKT i stosunku polienowych kwasów z rodziny n-6 do kwasów n-3 oraz nowe trendy w żywieniu ludzi co do rodzaju spożywanych tłuszczów, uwzględniając chociażby tylko ten jeden ze składników mięsa, jakim są lipidy, należy stwierdzić, że mięso drobiu powinno być zalecane jako wybitnie wartościowy składnik diety w żywieniu ludzi.

## 7.6. Streszczenie

W niniejszym rozdziale na podstawie przeglądu literatury oraz wyników badań własnych przedstawiono najważniejsze zagadnienia dotyczące lipidów mięsa drobiowego. Na początku omówiono czynniki wpływające na odtuszczenie tuszek drobiowych, wymieniono rodzaje tłuszczów drobiowych i scharakteryzowano podstawowe klasy lipidów mięsa drobiowego. Podano ogólną zawartość tłuszczu w tuszkach różnych gatunków drobiu oraz skład drobiowych tłuszczów zapasowych i tkankowych z uwzględnieniem triacylogliceroli, fosfolipidów i cholesterolu. Przedstawiono skład kwasów tłuszczowych triacylogliceroli oraz różnych frakcji fosfolipidów wyekstrahowanych z różnych mięśni i części skóry tuszek kurcząt. W składzie lipidów mięsa drobiowego uwzględniono także udział choleste-

rolu w mięśniach, skórce oraz podrobach drobiowych. W dalszej części opracowania wskazano czynniki mające istotny wpływ na stabilność lipidów mięsa drobiowego oraz odpowiedzialne za powstawanie obcego niepożądanego zapachu i smaku (WOF) w mięsie ogrzewanym i przechowywanym w warunkach chłodniczych. Dużo uwagi poświęcono czynnikom przyspieszającym oraz opóźniającym procesy utleniania lipidów mięsa drobiowego. W pierwszym przypadku omówiono wpływ składu lipidów, katalizatorów utleniania lipidów oraz wybranych zabiegów w procesie przetwarzania mięsa na zmiany oksydacyjne tłuszczu drobiowego. W drugim uwzględniono szereg przeciwutleniaczy zarówno naturalnych, jak i syntetycznych oraz wskazano ich rolę w ograniczaniu procesów utleniania lipidów mięsa i powstawaniu WOF. Przedstawiono także wpływ rodzaju i jakości tłuszczów oraz dodatku tokoferolu w paszach na stabilność lipidów mięsa drobiowego i jego jakość. Na zakończenie omówiono znaczenie tłuszczu drobiowego w żywieniu ludzi.

## Piśmiennictwo

- [1] Angelo A.J.St., Bailey M.E.: 1987. Warmed-over flavor of meat. Academic Press, Inc., Orlando, Florida.
- [2] Asghar A., Gray J.F., Buckley D.J., Pearson A.M., Booren A.M.: 1988. Perspectives in warmed-over flavour. *Food Techn.*, 42, 102–108.
- [3] Byrne D.V., Bredie W.L.P., Mottram D.S., Martens M.: 2002. Sensory and chemical investigations on the effect of oven cooking on warmed-over flavour development in chicken meat. *Meat Sci.*, 61, 127–139.
- [4] Drozdowski B.: 1994. Lipidy, [w:] Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności. Red. Z.E. Sikorski, WNT, Warszawa, 167–233.
- [5] Galvin K., Morrissey P.A., Buckley D.J., Frigg M.: 1993. Influence of oil quality and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol and lipid oxidation in chicken tissues. *Proceed. XIth Europ. Symp. Quality of Poultry Meat. 4–8 October, Tours (France)*, 423–429.
- [6] Grabowski T.: 1993. Surowiec do produkcji mięsa drobiowego, [w:] *Technologia mięsa drobiowego*. Red. T. Grabowski. WNT, Warszawa, 132–156.
- [7] Gray J.I., Pearson A.M.: 1987. Rancidity and warmed-over flavor, [in:] *Advances in Meat Research, Vol.3: Restructured meat and poultry products*. Pearson and Duston Eds., Van Nostrand Reinhold Co., NY.
- [8] Igene J.O., Pearson A.M., Merkel R.A., Coleman T.H.: 1979. Effect of frozen storage time, cooking and holding temperature upon extractable lipids and TBA values of beef and chicken. *J. Anim. Sci.*, 49, 701–707.
- [9] Igene J.O., Pearson A.M., Dugan L.R., Price J.F.: 1980. Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. *Food Chem.*, 5, 263–276.
- [10] Kanner J., Doll L.: 1991. Ferritin in turkey muscle tissue: a source of catalytic iron ions for lipid peroxidation. *J. Agric. Food Chem.*, 39, 247–249.
- [11] Kanner J., Shagalovich J., Harel S., Hazan B.: 1988. Muscle lipid peroxidation dependent on oxygen and free metal ions. *J. Agric. Food Chem.*, 36, 409–412.
- [12] Liu H.P., Watts B.M.: 1970. Catalysts of lipid peroxidation in meats. 3. Catalysts of oxidative rancidity in meats. *J. Food. Sci.*, 596–597.
- [13] Love J.D.: 1983. The role of heme iron in the oxidation of lipids in red meats. *Food Techn.*, 37, 117–120 i 129.
- [14] Melton S.L.: 1983. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Techn.*, 37, 105–111 i 116.

- [15] Miller E.L., Huang Y.X.: 1993. Improving the nutritional value of broiler meat through increased n-3 fatty acid and vitamin E content. Proceeding of the XI European Symposium on the Quality of Poultry Meat. 4–8 October, Tours (France), 404–411.
- [16] Mitsumoto M., Grady M.N.O., Kerry J.P., Buckley J.D.: 2005. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. *Meat Sci.*, 69, 773–779.
- [17] Niewiarowicz A.: 1977. Skład i właściwości mięsa drobiowego, [w:] *Technologia drobiu*. Red. T. Grabowski. WNT, Warszawa, 42–91.
- [18] Niewiarowicz A.: 1993. Struktura, skład chemiczny, zmiany poubojowe i smakowość mięsa drobiowego, [w:] *Technologia mięsa drobiowego*. Red. T. Grabowski. WNT, Warszawa, 22–61.
- [19] Pearson A.M., Gray J.I., Wolzak A.M., Horenstein N.A.: 1983. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. *Food Techn.*, 37, 121–129.
- [20] Pikul J.: 1986. Cholesterol w surowcach oraz niektórych przetworach drobiowych i mięsnych Cz. I i II. *Gosp. Mięś.*, 38 (8), 16–19 i (9–10), 20–23.
- [21] Pikul J.: 1992. Utlenianie lipidów i powstawanie obcego zapachu i smaku w ogrzewanym i przechowywanym mięsie. Cz. I i II. *Gosp. Mięś.*, 44 (7), 20–23 i (8), 22–26.
- [22] Pikul J.: 1993. Chemiczna ocena jakości lipidów mięsa drobiu, [w:] *Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego*. Red. J. Pikul. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, 104–118.
- [23] Pikul J.: 1996 a. Lipidy mięsa drobiu. *Gosp. Mięś.*, 48 (7), 28–31, 34.
- [24] Pikul J.: 1996 b. Charakterystyka i skład lipidów mięsa drobiu. *Mat. Ogólnopolskiego Sem. Szkol. Charakterystyka i technologia stosowania tłuszczów zwierzęcych*. 22–23 luty, Poznań, 1–16.
- [25] Pikul J.: 1996 c. Wpływ rodzaju i jakości tłuszczów oraz dodatku tokoferoli w paszach drobiowych na utlenianie lipidów mięsa drobiu podczas przetwarzania i przechowywania. *Postępy Drobiarstwa*, 34 (2), 10–20.
- [26] Pikul J.: 1997 a. Zapobieganie utlenianiu lipidów mięsa drobiu poprzez wzbogacanie pasz związkami witaminowo E-aktywnymi. *Gosp. Mięś.*, 49 (1), 34–38.
- [27] Pikul J.: 1997 b. Korzyści stosowania pasz dla drobiu wzbogaconych w tokoferole. *Gosp. Mięś.*, 49 (3), 48–53.
- [28] Pikul J.: 1999 a. Utlenianie lipidów w wyrobach z rozdrobnionego mięsa drobiowego ogrzewanych różnymi metodami i przechowywanych w warunkach chłodniczych. *Chłodnictwo*, 34 (9), 76–80.
- [29] Pikul J.: 1999 b. Wpływ tłuszczów w paszach na jakość mięsa drobiowego. *Materiały Seminarium. Czynniki surowcowe, techniczne i sanitarne w przetwórstwie mięsa drobiowego*. 30–31 marca, Poznań-Płock, 8–11.
- [30] Pikul J., Kummerow F.A.: 1989. Effect of total lipids, triacylglycerols and phospholipids on malonaldehyde content in different types of chicken muscles and the corresponding skin. *J. Food Biochem.*, 13, 409–427.
- [31] Pikul J., Kummerow F.A.: 1990. Relative role of individual phospholipids on thiobarbituric acid reactive substances formation in chicken meat, skin and swine aorta. *J. Food Sci.*, 55, 1243–1248, 1254.
- [32] Pikul J., Leszczyński D.E., Kummerow F.A.: 1984. Relative role of phospholipids, triacylglycerols and cholesterol esters on malonaldehyde formation in fat extracted from chicken meat. *J. Food Sci.*, 49, 704–708.
- [33] Pikul J., Leszczyński D.E., Kummerow F.A.: 1985. Influence of fat content and composition on malonaldehyde concentration in chicken meat and skin. *Poultry Sci.*, 64, 311–317.
- [34] Pikul J., Wojciechowska K.: 1994. Wpływ panierowania i smażenia zanurzeniowego tuszek kurcząt na utlenianie lipidów mięsa podczas chłodniczego przechowywania. *Gosp. Mięś.*, 46 (2), 27–31.



- [35] Rhee K.S., Ziprin Y.A.: 1987. Lipid oxidation in retail beef, pork and chicken muscles as affected by concentrations of heme pigments and nonheme iron and microsomal enzymic lipid peroxidation activity. *J. Food Chem.*, 11, 1–15.
- [36] Rhee K.S., Anderson L.M., Sams A.R.: 2005. Comparison of flavor changes in cooked–refrigerated beef, pork and chicken meat patties. *Meat Sci.*, 71, 392–396.
- [37] Salih A.M., Price J.F., Smith D.M., Dawson L.E.: 1989. Lipid degradation in turkey breast meat during cooking and storage. *Poultry Sci.*, 68, 754–761.
- [38] Sato K., Hegerty G.R.: 1971. Warmed-over flavor in coked meats. *J. Food Sci.*, 36, 1098–1101.
- [39] Sheehy P.J.A., Morrissey P.A., Buckley D.J.: 1995. Advances in research and application of vitamin E as an antioxidant for poultry meat. *Proceed. XIIth Europ. Symp. Quality of Poultry Meat. 25-29 September, Zaragoza (Spain)*, 425–436.
- [40] Sheehy P.J.A., Morrissey P.A., Buckley D.J., Frigg M.: 1993. Modification of  $\alpha$ -tocopherol concentration, fatty acid composition and oxidative stability of chick tissues by consumption of fresh or heated sunflower and linseed oils. *Proceed. XIth Europ. Symp. Quality of Poultry Meat. 4-8 October, Tours (France)*, 448–454.
- [41] Sheldon B.W.: 1984. Effect of dietary tocopherol on the oxidative stability of turkey meat. *Poultry Sci.*, 63, 673–681.
- [42] Tang S.Z., Kerry J.P., Sheehan D., Buckley D.J.: 2002. Antioxidative mechanisms of tea catechins in chicken meat systems. *Food Chem.*, 76, 45–51.
- [43] Tims M.J., Watts B.M.: 1958. Protection of cooked meats with phosphates. *Food Techn.*, 12, 240–243.
- [44] Valsta L.M., Tapanainen H., Mannisto S.: 2005. Meat fats in nutrition. *Review. Meat Sci.*, 70, 525–530.
- [45] Wilson B.R., Pearson A. M., Shorland F.B.: 1976. Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavor in red and white muscle from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 7–11.
- [46] Wood J.D., Richardson R.I., Nutte G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E., Sheard P.R., Enser M.: 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.*, 66, 21–32.
- [47] Ziotecki J.: 1993. *Technologia uboju i obróbki drobiu oraz przechowywalność tuszek*, [w:] *Technologia mięsa drobiowego*. Red. T. Grabowski. WNT Warszawa, 157–252.
- [48] Yamauchi K., Nagai Y., Ohashi T.: 1982. Quantitative relationship between  $\alpha$ -tocopherol and fatty acids and its connection to development of oxidative rancidity in chicken skeletal muscle. *Agric. Biol. Chem.*, 46, 2719–2724.



# 8.

## WARTOŚĆ ODŻYWCZA MIĘSA DROBIU

*Teresa Smolińska, Małgorzata Korzeniowska, Alicja Żechałko-Czajkowska*

Jednym z najbardziej istotnych aspektów jakości żywności, w tym mięsa drobiu, jest jej wartość odżywcza, czyli przydatność produktów i złożonych z nich racji pokarmowych do pokrycia potrzeb organizmu związanych z przemianami metabolicznymi. Tak więc, jest ona funkcją zawartości, zbilansowania i biodostępności składników odżywczych, takich jak białka, tłuszcze, witaminy i składniki mineralne [3].

Mięso drobiu charakteryzuje się wysokimi walorami odżywczymi i łatwością w przygotowaniu kulinarnym (patrz rozdz. 16). Dzięki wieloletniej pracy hodowlanej oraz wprowadzeniu intensywnych metod wielkotowarowego chowu drobiu koszty wytwarzania mięsa drobiowego zostały znacząco obniżone, co przyczyniło się do zwiększenia jego dostępności i rozszerzenia asortymentu produktów drobiowych. Uwarunkowania ekonomiczne nie są jednakże jedynym czynnikiem decydującym o wzroście spożycia mięsa drobiu (patrz rozdz. 1). Propagowanie zasad zdrowego żywienia i wzrastająca świadomość konsumentów spowodowały zwiększenie spożycia mięsa i przetworów drobiowych oraz zmniejszenie udziału w diecie mięsa dużych zwierząt rzeźnych. Edukacja zdrowotna i zmiany stylu życia zmuszają zarówno producentów, jak i przetwórców mięsa drobiu do ciągłego doskonalenia wyrobów, m.in. z wykorzystaniem w trakcie hodowli najnowszych zdobyczy genetyki, biotechnologii i innych nauk, pozwalających na uzyskiwanie produktów wysokiej jakości o pożądanym cechach organoleptycznych.

W ostatnich latach podkreśla się szczególnie związek między niezbilansowanym żywieniem a zapadalnością na niektóre choroby tzw. cywilizacyjne, tj. chorobę wieńcową, arteriosklerozę, cukrzycę, chorobę niedokrwinną serca itp. Kojarzone są one z nadmiernym stresem oraz nieprawidłową dietą. Doprowadziło to również do zmian w technologii przetwarzania żywności, umożliwiając powstanie produktów o specyficznych właściwościach dietetycznych tzw. prozdrowotnych, funkcjonalnych czy specjalnego przeznaczenia oraz rozwoju i szerokiego zastosowania technik tzw. minimalnego przetwarzania surowców.

Od mięsa i jego wyrobów konsumenci oczekują przede wszystkim odpowiednich walorów smakowo-zapachowych, wysokiej wartości odżywczej, bezpieczeństwa i funkcjonalności. Ponadto, produkty te powinny być dietetyczne, czyli charakteryzować się niską zawartością tłuszczu, w tym cholesterolu, ale równocześnie zawierać większą ilość dobrze zbilansowanych polienowych kwasów tłuszczowych, witamin, substancji mineralnych czy antyoksydantów.

Na skład chemiczny, wartość odżywczą, a w konsekwencji jakość mięsa drobiowego wpływ ma zarówno gatunek, genotyp (rasa), wiek, płeć, typ użytkowy, żywienie, warunki odchowu, jak również przedubojowe traktowanie ptaków (stres). Natomiast wartość odżywcza produktów wytworzonych na bazie mięsa drobiu zależy w głównej mierze od uwarunkowań technologicznych, tj. składu recepturowego – jakości mięsa, ale i składników niemięsnych, rodzaju i czasu obróbki i innych.

Okolo 90% spożywanego w kraju mięsa drobiowego to mięso kurcząt i indyków, spożycie mięsa drobiu wodnego jest znacznie niższe, mimo iż zawiera również dużo składników wysoce odżywczych (wynika to z braku przyzwyczajzeń konsumenckich).

## 8.1. Wartość energetyczna mięsa drobiowego

Skład mięsa drobiowego jest zróżnicowany w zależności od tego, z jakiej części tuszki został pozyskany. W tabeli 8.1 przedstawiono wartość energetyczną oraz zawartość białka i tłuszczów najczęściej spożywanych rodzajów mięsa drobiowego oraz – dla porównania – wieprzowiny i wołowiny. Przy zbliżonej ilości białka w mięsie dużych zwierząt rzeźnych zawartość tłuszczu jest wielokrotnie wyższa niż w mięsie z piersi drobiu. Największym zainteresowaniem konsumentów cieszą się produkty niskoenergetyczne i niskotłuszczowe, do których należą mięso z piersi kurcząt i indyków bez skóry; wartość energetyczna tych produktów wynosi 352–418 kJ (84–100 kcal), a zawartość tłuszczów 0,7–1,3%. Zawierają one najwyższe ilości białka 20–23%. Mięso z ud i podudzi charakteryzuje się zwiększoną o ok. 15–20% wartością energetyczną, a także znacznie wyższą (ok. 4-krotnie) zawartością tłuszczu. Skóra drobiu jest produktem zawierającym znaczne ilości lipidów, co powoduje wzrost wartości energetycznej elementów podawanych ze skórą. Alternatywą dla mięsa wołowego może być wprowadzane coraz częściej na krajowy rynek niskoenergetyczne mięso strusie, wykazujące zbliżone walory organoleptyczne oraz wysoką wartość odżywczą [26].

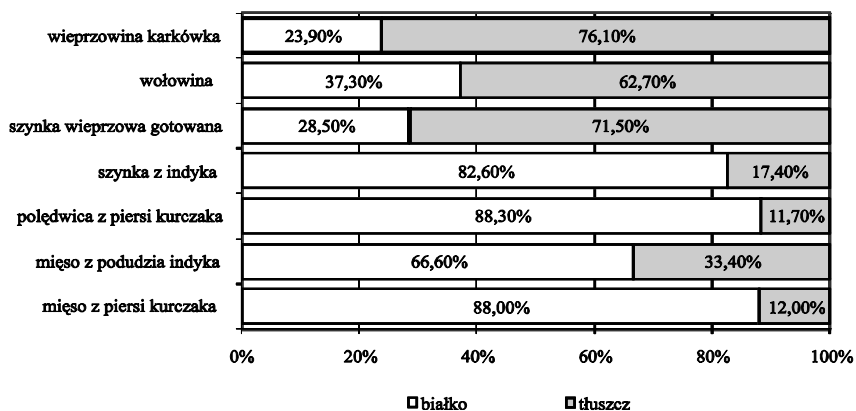
Z żywieniowego punktu widzenia tendencja wzrostowa produkcji drobiu oceniana jest pozytywnie, gdyż mięso drobiowe to głównie produkty niskoenergetyczne i niskotłuszczowe, dostarczające jednocześnie znacznych ilości pełnowartościowego białka oraz innych składników odżywczych [4]. W świetle aktualnej sytuacji żywieniowej w krajach rozwiniętych gospodarczo, a także i w Polsce, gdzie obserwuje się problemy z otyłością wynikające z nadmiernej wartości energetycznej pożywienia i wysokiego spożycia tłuszczów przez wszystkie w zasadzie grupy populacyjne (m.in. dzieci szkolne, młodzież, dorośli, ludzie starsi), mięso drobiowe i jego wyroby są szczególnie polecane w żywieniu.

Należy zaznaczyć, że tłuszcze są wprowadzane do diety człowieka w ok. 60% wraz z mięsem czy też wędlinami, a także z nabiałem. Na rysunku 8.1 przedstawiono procentowy udział energii z tłuszczu i białka w wybranych produktach mięsnych. W mięsie i produktach z drobiu udział energii z białka stanowi 67–88%, a z tłuszczu 11,7–33%. W wieprzowinie czy wybranych elementach wołowych te proporcje są przeciwnie; procent energii z tłuszczu wynosi w nich aż 60–76%. Na przykład spożycie 100 g szynki z indyka i 100 g szynki wieprzowej dostarcza odpowiednio 17,1 g i 16,4 g białka, ale ilość tłuszczu z szynki indyczej to tylko 1,6 g, podczas gdy w 100 g szynki wieprzowej może znajdować się aż 18,3 g tłuszczu.

Tabela 8.1

Wartość energetyczna i zawartość podstawowych składników odżywczych w wybranych gatunkach części jadalnych mięsa drobiowego [14, 27]

Gatunek mięsa	Wartość energetyczna		Woda	Białko	Tłuszcz	Popiół	Cholesterol
	(kJ/100 g)	(kcal/100 g)					
Mięso z piersi kurczaka bez skóry	456	109	74,0	23,8	1,3	0,9	58
Mięso z uda kurczaka bez skóry	452	108	76,2	19,8	3,0	1,0	84
Mięso z uda kurczaka ze skórą	502	120	75,7	18,2	5,1	1,0	84
Mięso z piersi indyka bez skóry	444	106	73,4	24,5	0,7	1,4	49
Mięso z piersi indyka ze skórą	494	118	73,1	22,9	2,7	1,3	50
Mięso z podudzia indyka bez skóry	427	102	77,4	18,5	3,0	1,1	81
Mięso z podudzia indyka ze skórą	515	123	76,0	17,1	5,9	1,0	81
Wątróbka kurczaka	568	136	72,8	19,1	6,3	1,2	380
Mięso z ud strusia	414	99	76,0	21,7	1,4	1,2	56
Mięso z grzbietu strusia	413	99	75,6	21,9	1,3	1,3	56
Kurczak tuszka	660	158	71,2	18,6	9,3	0,9	75
Indyk tuszka	541	129	75,3	17,0	6,8	0,9	74
Gęś tuszka	1416	339	53,3	14,1	31,8	0,8	80
Kaczka tuszka	1288	308	57,2	13,5	28,6	0,7	76
Wieprzowina karkówka	1117	267	60,3	16,1	22,8	0,8	66
Wołowina klasa III	932	223	62,5	20,9	15,6	1,0	56



Rys. 8.1. Procent energii z białka i tłuszczów w różnych produktach z mięsa drobiowego (opracowanie własne)

## 8.2. Wartość odżywcza białka mięsa drobiowego

**Białka (proteiny)** stanowią niezbędny do życia i prawidłowego funkcjonowania organizmu materiał budulcowy, muszą być więc stale dostarczane z pożywieniem. Grupę tę cechuje duża różnorodność wynikająca z rozlicznych spełnianych przez nie funkcji. Stanowią one ponad 50% masy suchej komórek ludzkich, zwierzęcych i roślinnych. W przeciwieństwie do tłuszczów czy węglowodanów białka nie powinny być zasadniczym źródłem energii dla żywego organizmu.

Mięso drobiowe, podobnie jak inne produkty pochodzenia zwierzęcego (z wyjątkiem kolagenu i jego pochodnych), jest dobrym źródłem pełnowartościowego białka. Zawartość białka w mięsie drobiu waha się w granicach od 18 do 25% w zależności od gatunku, rasy, wieku, płci, systemu chowu, sposobu żywienia oraz części tuszki, z której zostało pozyskane. Ilość białka ogólnego w mięsie może się znacznie zmieniać w zależności od wartości energetycznej, a także ilości i zbilansowania składników zawartych w paszy, np. przy zwiększeniu energii w paszy z 2600 do 3400 kcal/kg zawartość białka w tuszce drobiu maleje. Natomiast niedobór białka lub aminokwasów limitujących (szczególnie lizyny) w paszy wpływa na pogorszenie umięśnienia tuszek, wzrost otłuszczenia i pogorszenie barwy mięsa.

Mięso drobiu grzebiącego charakteryzuje się generalnie wyższą zawartością białka w porównaniu do mięsa drobiu wodnego. Przy czym zawartość białka u osobników starszych, dobrze wytuczonych, obniża się do ok. 16–18% z uwagi na zwiększający się udział tłuszczu w tuszce. Jakkolwiek, spożycie tego asortymentu stanowi tylko niewielki procent w ogólnej puli mięsa i wyrobów drobiowych. Ciągłe doskonalenie ptaków hodowlanych prowadzi m.in. do podwyższenia zawartości białka w mięsie uzyskanych mieszańców [13, 27, 32]. Mięso strusi zawiera również ok. 21% białka i z uwagi na swoje walory sensoryczne stanowi alternatywę dla wołowiny [10, 23]. Generalnie, mięso białe piersiowe kurcząt i indyków jest bogatszym źródłem białka niż mięśnie czerwone.

Białka mięsa drobiu zawierają w odpowiednich proporcjach wszystkie aminokwasy egzogenne, niesyntetyzowane w ustroju człowieka, oraz aminokwasy endogenne stanowiące źródło azotu, co zapewnia organizmowi właściwą syntezę białek ustrojowych, a tym samym prawidłowy rozwój, wzrost i utrzymanie funkcji życiowych [11].

Wartość odżywcza białek mięsa drobiu, np. kurcząt jest wysoka i porównywalna z zalecanym przez FAO/WHO wzorcem aminokwasowym. Udział poszczególnych aminokwasów w białkach mięsa drobiu jest stały i uwarunkowany genetycznie. Brak lub niedobór jednego z nich wstrzymuje syntezę białka ustrojowego i ogranicza wykorzystanie białek zawartych w żywności. Przyjmuje się że, **wskaźnik niezbędnych aminokwasów (EAA)** wynosi dla mięsa drobiu od 80 do 84%, a aminokwasami ograniczającymi są metionina i fenyloalanina.

W tabeli 8.2 przedstawiono zawartość aminokwasów w wybranych potrawach z mięsa drobiu po obróbce kulinarnej oraz porównawczo produktów wołowych i wieprzowych. Produkty o zbliżonej zawartości białka, takie jak kurczak pieczony, szynka z indyka, a także pieczeń wołowa mają zbliżony skład aminokwasowy. Podczas gdy parówki drobiowe wytwarzane z mniej cennych surowców, tj. mięso odzyskane mechanicznie, skórki, drobny tłuszcz, zawierających duże ilości tkanki łącznej i tłuszczowej, charakteryzują się niską zawartością białka (ok. 1,5–3 razy w porównaniu do pozostałych produktów), w tym

również aminokwasów egzogennych, a wyższą tłuszczu – 22,4%. Tak więc, zawartość aminokwasów ogółem, w tym także aminokwasów egzogennych, jest w tego typu produktach zdecydowanie niższa niż w pozostałych wyrobach.

Tabela 8.2

Zawartość aminokwasów w wybranych produktach z mięsa [18]

Aminokwasy		Kurczak pieczony	Parówki drobiowe	Szynka z indyka	Pieczeń wołowa	Schab pieczony
		(mg/100 g produktu jadalnego)				
Aminokwasy egzogenne	Izoleucyna	855	531	817	949	1640
	Leucyna	1080	842	1266	1600	2430
	Lizyna	1390	877	1800	1760	2600
	Metionina	431	291	465	533	868
	Fenylalanina	530	410	625	867	1340
	Treonina	624	457	887	905	1580
	Tryptofan	247	134	222	221	438
	Walina	921	568	849	988	1670
Aminokwasy endogenne	Arginina	1010	628	1098	1250	2050
	Histydyna	644	349	480	672	1060
	Cystyna	192	134	108	252	360
	Alanina	987	703	1059	1150	1770
	Kwas asparaginowy	1480	1022	1692	1770	2870
	Kwas glutaminowy	2400	1651	2918	3010	4650
	Glicyna	914	822	817	958	1830
	Prolina	705	607	712	746	1460
	Seryna	608	438	736	795	1340
	Tyrozyna	502	337	551	710	1150
Białko g/100 g		16,3	10,8	17,1	19,7	32,1

Do oceny wartości odżywczej białek wykorzystywanych jest szereg wskaźników chemicznych oraz biologicznych.

**Wskaźnik Aminokwasu Ograniczającego WAO** (chemiczny, ang. Chemical Score CS) obliczany jest na podstawie porównania składu aminokwasowego białka badanego oraz białka wzorcowego, tj. białka jaja kurzego. Aminokwas występujący w analizowanym białku w najmniejszej ilości w stosunku do wzorca uznawany jest za ograniczający wartość odżywczą tego białka. W mięsie piersiowym kurcząt WAO kształtuje się na poziomie 58,7%, a aminokwasami ograniczającymi wartość odżywczą są metionina i cystyna.

Kolejny współczynnik – **Wartość Biologiczna Białka WBB** (ang. Biological Value BV%) – określa w oparciu o bilans azotowy ilość aminokwasów zatrzymanych i wydalonych z organizmu po spożyciu określonej porcji danego białka. Dla mięsa drobiu wynosi on 77%.

**Współczynnik Wykorzystania Białka Netto WBN** (ang. Net Protein Utilisation NPU%), wynoszący w odniesieniu do mięsa drobiowego 75%, wyraża procent dostarczonego z pożywieniem azotu zatrzymanego w organizmie z uwzględnieniem strawności białka.

Istotny z punktu widzenia technologicznego **Współczynnik Wydajności Wzrostowej Białka WWB** (ang. Protein Efficiency Ratio – PER) określa ilość gramów badanego białka

potrzebną do uzyskania przyrostu 1 g masy ciała zwierzęcia w standardowych warunkach doświadczenia. Kształtuje się w mięsie drobiowym na poziomie od 2,1 do 2,5.

W tabeli 8.3 przedstawiono wybrane wskaźniki wartości odżywczej białka mięsa drobiowego, wieprzowego i wołowego, które kształtują się na tym samym wysokim poziomie dla wszystkich wymienionych produktów i świadczą o ich dużej efektywności biologicznej [21].

Tabela 8.3

Wybrane wskaźniki wartości odżywczej białka mięsa drobiowego, wieprzowego i wołowego [21]

Rodzaj mięsa	Wartość biologiczna białka (BV) %	Wskaźnik wykorzystania białka netto (NPU) %	Wskaźnik wydajności wzrostowej (PER)
Mięso drobiowe	77	75	2,1–2,5
Mięso wołowe	80	78	2,1–2,5
Mięso wieprzowe	70–75	68–73	2,1–2,5

O wartości odżywczej białka żywności decyduje oprócz składu aminokwasowego również jego **strawność**, czyli procentowy stosunek białka strawionego w przewodzie pokarmowym i przetransportowanego do wszystkich komórek ustroju, do białka ogółem wprowadzonego do ustroju. Strawność białek pożywienia jest zróżnicowana, zależna od przeprowadzonych procesów termicznych, budowy przestrzennej białka, aktywności enzymów proteolitycznych przewodu pokarmowego, obecności substancji hamujących działanie enzymów proteolitycznych, a także od zawartości innych składników towarzyszących w diecie, jak np. tłuszcz czy też błonnik. Strawność białek mięsa, w tym także drobiowego jest wysoka, wynosi ok. 97%, w porównaniu do strawności białek produktów roślinnych, wahającej się w granicach 70–80% [21].

Wartość odżywcza białek mięsa jest limitowana również ilością białek kolagenowych, uważanych za mniej cenne z uwagi na niską zawartość aminokwasów siarkowych oraz niższą strawność. Mięso drobiu, szczególnie młodego drobiu rzeźnego, zaliczane do mięsa niskokolagenowego zawiera zdecydowanie mniejsze ilości kolagenu i elastyny (średnio 1–6%) w porównaniu z mięsem dużych zwierząt rzeźnych (nawet do 20% i więcej w zależności od gatunku i części tuszy). Ponadto, kolagen zawarty w mięsie drobiu ma lepszą rozpuszczalność, co przyczynia się do poprawy walorów sensorycznych mięsa po obróbce termicznej, wykazującego wyższą kruchość.

Mięso drobiu, z uwagi na wysoką wartość odżywczą białka, może być wykorzystywane w żywieniu człowieka do uzupełniania wartości odżywczej białek produktów o niższych wskaźnikach, np. zbożowych. Nawet niewielki dodatek mięsa 30–40 g do 200–300 g porcji ryżu czy też makaronu z warzywami, pozwala na utworzenie potrawy, której skład aminokwasowy będzie dobrze zbilansowany. Przygotowywanie tego typu potraw z małą ilością mięsa jest ostatnio szczególnie zalecane przez żywieniowców, ze względu na nadmierne spożycie białka zwierzęcego w krajach zamożnych. Spożywanie dużych ilości białka obciąża dodatkowo nerki i wątrobę, a także powoduje obniżenie zawartości wapnia w ustroju (sprzyja rozwojowi osteoporozy).

Mięso drobiowe do celów konsumpcyjnych jest poddawane procesom termicznym, podczas których następuje m.in. koagulacja białek, zmiana barwy i aromatu, zachodzi także częściowa hydroliza kolagenu. Stosowanie nowoczesnych urządzeń pozwala na ogranicze-



nie strat i zachowanie wysokich walorów organoleptycznych. W trakcie ogrzewania mięsa w temp. ok. 100°C w środowisku wodnym, tj. podczas gotowania lub sterylizacji, w obecności cukrów redukujących, następuje obniżenie biodostępności lizyny, w temp. wyższej tj. ok. 120°C zachodzą straty cystyny i metioniny. Nadmierne wydłużanie czasu ogrzewania mięsa powoduje również pewien rozkład innych aminokwasów. Przy pieczeniu większych kawałków mięsa, np. z indyka w temp. 160°C, nie obserwuje się istotnych zmian wartości odżywczej białka, pod warunkiem że temperatura wewnątrz pieczeni nie przekroczy 80°C. Co prawda, w mocniej przypieczonej brązowej warstwie zewnętrznej, zawierającej także pożądane związki aromatyczne, stwierdza się pewne straty przyswajalnej lizyny, ma to jednak nieznaczny wpływ na ocenę wartości białka całej pieczeni.

Oprócz wysokiej wartości biologicznej białka mięśniowe posiadają ważne w technologii żywności właściwości funkcjonalne, opisane szeroko w rozdziale 5.

### 8.3. Wartość odżywcza tłuszczu mięsa drobiowego

Zagadnienia związane z wartością odżywczą i znaczeniem tłuszczu drobiowego w przetworstwie zostały omówione szczegółowo w rozdziale 7. Nie ulega wątpliwości, że na tle wyrobów z mięsa wieprzowego i wołowego produkty z mięsa drobiowego wyróżniają się niską wartością energetyczną i niską zawartością tłuszczu, a wzajemne proporcje kwasów tłuszczowych nasyconych do monoenujących i polienowych są korzystniejsze dla zdrowia człowieka. Należy również zwrócić uwagę na tłuszcz zawarty w tkance mięśniowej strusi charakteryzujący się wysokim udziałem polienowych kwasów tłuszczowych, których niedobór ciągle odczuwamy w naszej diecie [23, 30, 31]. Zawartość cholesterolu w mięsie drobiu jest zróżnicowana w zależności od gatunku i rodzaju mięśni. Najniższą ilością cholesterolu, tj. ok. 49 mg/100 g charakteryzuje się mięso indycze, szczególnie piersiowe. Wyższe zawartości cholesterolu oznaczono w całych tuskach oraz elementach ze skórą, która jest głównym źródłem tego związku.

Badania naukowe w zakresie modyfikacji systemów żywienia drobiu wskazują na szereg możliwości uzyskania mięsa o podwyższonej zawartości istotnych z żywieniowego punktu widzenia składników, takich jak np. skoniugowany kwas linolowy, kwasy tłuszczowe n-3, witamina E, selen i in. [2, 8, 28].

W latach 1991–1999 spadła w Polsce umieralność z powodu chorób układu krążenia o ok. 30%. Uważa się, że pewien korzystny wpływ na to miały również zmiany w sposobie żywienia społeczeństwa, m.in. obniżenie spożycia tłuszczów zwierzęcych, w tym nasyconych kwasów tłuszczowych. Należy podkreślić, że w tym czasie wzrosło spożycie mięsa drobiowego, olejów roślinnych i owoców [29].

### 8.4. Witaminy i składniki mineralne w mięsie drobiowym

**Mięso drobiu jest ważnym źródłem witamin** z grupy B, tj. tiaminy (B<sub>1</sub>), ryboflawiny (B<sub>2</sub>), niacyny (B<sub>3</sub>, inaczej PP), pirydoksyny (B<sub>6</sub>), a także witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, tj. A, D i E. W tabeli 8.4 przedstawiono zawartość wybranych witamin w mięsie drobiu oraz dużych zwierząt rzeźnych. Należy podkreślić, że żywność pochodzenia zwierzęcego, w tym mięso drobiu, jest jedynym źródłem witaminy B<sub>12</sub> w diecie

człowieka, na którą zapotrzebowanie dzienne wynosi 1,5 µg. Bogatym źródłem witamin, szczególnie kwasu foliowego i pantotenowego oraz witaminy A są podroby, np. wątroba. Z witamin rozpuszczalnych w tłuszczach szczególne znaczenie ma witamina E, spełniająca ochronną rolę w procesach utleniania lipidów. Dlatego też w ostatnich latach stosuje się suplementację pasz drobiu związkami witaminoE-aktywnymi, najczęściej w postaci  $\alpha$ - tokoferolu czy tokotrienoli, w celu ograniczenia oksydacji tłuszczu.

Tabela 8.4

Zawartość witamin w wybranych rodzajach mięsa drobiowego [14]

Rodzaj mięsa	Witaminy w 100 g produktu jadalnego					
	wit. A µg	wit. E mg	B <sub>1</sub> mg	B <sub>2</sub> mg	PP mg	B <sub>6</sub> mg
Mięso z piersi kurczaka bez skóry	6	0,30	0,090	0,153	12,44	0,55
Mięso z uda kurczaka bez skóry	20	0,30	0,080	0,246	3,06	0,33
Mięso z uda kurczaka ze skórą	20	0,38	0,080	0,226	2,78	0,31
Mięso z piersi indyka bez skóry	9	0,02	0,036	0,150	4,92	0,59
Mięso z piersi indyka ze skórą	28	0,04	0,037	0,146	5,10	0,57
Mięso z podudzia indyka bez skóry	20	0,02	0,078	0,213	3,26	0,30
Mięso z podudzia indyka ze skórą	40	0,11	0,076	0,196	3,72	0,28
Wątróbka kurczaka	9304	0,25	0,360	2,70	10,20	0,40
Kurczak tuszka	16	0,50	0,088	0,182	6,84	0,51
Indyk tuszka	13	0,50	0,048	0,180	6,00	0,47
Gęś tuszka	30	0,20	0,120	0,033	6,40	0,58
Kaczka tuszka	24	0,20	0,177	0,226	3,45	0,10
Wieprzowina karkówka	0	0,40	0,575	0,243	3,68	0,26
Wołowina klasa III	4	0,20	0,084	0,183	4,85	0,15

Przed spożyciem mięso poddawane jest obróbce kulinarnej, w trakcie której dochodzi m.in. do strat witamin, a zaawansowanie tych zmian uzależnione jest od rodzaju i czasu obróbki, zastosowanej temperatury oraz pH mięsa lub potrawy [16]. W tabeli 8.5 przedstawiono straty witamin powstałe w czasie obróbki termicznej mięsa drobiu [14]. Zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, E) obniża się o ok. 20% w mięsie poddanym obróbce termicznej bez względu na jej rodzaj. Natomiast witaminy rozpuszczalne w wodzie, zwłaszcza B<sub>1</sub> i B<sub>6</sub>, są szczególnie wrażliwe na obróbkę prowadzoną w środowisku wodnym, tj. gotowanie i duszenie.

Tabela 8.5

Straty witamin w mięsie drobiowym w zależności od sposobu przygotowania [14]

Rodzaj procesu	Straty witamin (%)					
	A	E	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PP	B <sub>6</sub>
Gotowanie	20	20	40	20	30	30
Smażenie	20	20	25	10	10	25
Duszenie	20	20	30	10	10	30

Zawartości składników mineralnych w różnych rodzajach mięsa drobiowego przedstawiono w tabeli 8.6. Mięso, zwłaszcza czerwone m.in. drobiu wodnego (gęsi, kaczek) oraz nóg kurcząt czy indyków, jest doskonałym źródłem żelaza, zawiera średnio od 0,5 do 2,0 mg/100 g. Pierwiastek ten występuje głównie w formie hemowej (hemoglobina, mioglobina) (50–60%), która jest kilkakrotnie lepiej przyswajalna przez organizm człowieka (15–35%) w porównaniu do formy niehemowej. Ponadto, absorpcja żelaza zawartego w mięsie nie jest zaburzana przez naturalnie występujące inhibitory i chelatory, np. w zbożach. Mięso drobiu jest dobrym źródłem żelaza i cynku, a jego dodatek do potraw i wyrobów zwiększa również przyswajalność tych mikroelementów ze składników niemięsnych. Cynk zawarty w mięsie drobiu wpływa również na obniżenie aktywności czynników zmniejszających biodostępność składników mineralnych z żywności. Średnio 20–40% dziennego zapotrzebowania na cynk jest pokrywane z mięsa i produktów mięsnych. 100 g mięsa dostarcza ok. 10 µg selenu, jednego z ważniejszych czynników antyoksydacyjnych chroniących przed rozwojem chorób układu krążenia, jak również zmian nowotworowych, co stanowi ok. 25% dziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek w diecie. Mięso drobiowe jest również źródłem innych cennych składników mineralnych, takich jak miedź, sód, potas, wapń, magnez i chlor, które uczestniczą w utrzymaniu ciśnienia osmotycznego w mięsie oraz elektrolitycznej równowagi komórek. Biorą również udział w regulowaniu stopnia utrzymywania wody przez tkankę mięśniową w trakcie procesów technologicznych. Ponadto w mięsie występuje fosfor, najczęściej pod postacią ortofosforanów lub pirofosforanów. Jony fosforu zawarte są także w cząsteczkach ATP, kwasów nukleinowych oraz fosfolipidów. Pierwiastek ten wprowadzany jest również w znaczących ilościach w trakcie przetwarzania mięsa.

Tabela 8.6  
Zawartość składników mineralnych w wybranych rodzajach mięsa drobiowego [14]

Rodzaj mięsa	Składniki mineralne (mg/100 g produktu jadalnego)								
	Na	K	Ca	P	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
Mięso z piersi kurczaka bez skóry	55	385	5	240	33	0,4	0,49	0,01	0,01
Mięso z uda kurczaka bez skóry	91	334	8	215	26	0,7	1,4	0,08	0,01
Mięso z uda kurczaka ze skórą	85	300	9	196	23	0,7	1,28	0,08	0,01
Mięso z piersi indyka bez skóry	47	460	2	238	35	0,5	0,83	0,04	0,01
Mięso z piersi indyka ze skórą	48	441	2	229	33	0,5	0,82	0,04	0,01
Mięso z podudzia indyka bez skóry	96	364	8	214	27	1,2	2,83	0,08	0,02
Mięso z podudzia indyka ze skórą	92	324	8	194	24	1,1	2,53	0,08	0,02
Wątróbka kurczaka	85	300	8	320	21	9,5	3,63	0,3	0,26
Kurczak tuszka	61	305	10	187	20	1,2	1,35	0,05	0,04
Indyk tuszka	63	300	6	226	27	0,6	2,00	0,04	0,04
Gęś tuszka	48	243	5	152	18	2,4	1,66	0,17	0,02
Kaczka tuszka	66	242	8	149	14	2,1	1,42	0,14	0,03
Wieprzowina karkówka	63	283	18	168	17	1,3	3,11	0,08	0,05
Wołowina klasa III	81	209	8	175	21	2,3	1,83	0,05	0,01

## 8.5. Pozostałe składniki mięsa

**Sacharydy** występują w mięsie drobiu w ilości od 1 do 2%, głównie w formie złożonej jako glikogen, ale również pod postacią mukopolisacharydów, zwanych inaczej glukozo-amino-glikanami. Glikogen stanowi zapas glukozy, użytkowanej w procesie przemian glikolitycznych, jako źródło energii potrzebnej do pracy mięśni lub w przemianach pośmiertnych kształtujących jakość mięsa (kruchosc, soczystosc itp.). U osobników zdrowych dobrze utuczonych ilość zapasowego glikogenu jest znacznie wyższa niż u ptaków niedożywionych, chorych lub zmęczonych. Mięśnie piersiowe drobiu grzebiącego zawierają więcej glikogenu niż mięśnie ciemne (więcej danych z tego zakresu przedstawiono w rozdziale 6). Mukopolisacharydy występują najczęściej w tkance łącznej i mają znaczne powinowactwo do wody.

W żywym organizmie niezbędnym składnikiem do poprawnego funkcjonowania tkanek jest **woda**. Zawartość wody w mięsie jest odwrotnie proporcjonalna do ilości tłuszczu. Jak wynika z tabeli 8.1, ilość wody w mięsie drobiu grzebiącego wynosi średnio ok. 75%, a u drobiu wodnego ok. 72%. W wodzie wolnej rozpuszczone są m.in. substancje azotowe niebiałkowe, aminokwasy, sole i cukry. Ilość wody wolnej w mięsie oraz stężenie substancji mineralnych determinuje trwałość mięsa z uwagi na intensywny rozwój drobnoustrojów w środowiskach silnie uwodnionych.

Znane z wysokiej zawartości białka o dużej wartości biologicznej mięso drobiu jest dobrym źródłem tauryny (kwasu 2-aminoetanosulfonowego), będącej końcowym produktem degradacji cysteiny i odgrywającej szczególnie ważną rolę w prawidłowym rozwoju niemowląt. Mięso drobiu jest również jednym z najbogatszych źródeł tripeptydu – glutationu odgrywającego istotną rolę w ograniczaniu toksyczności aflatoksyn oraz inhibicji procesów utleniania tłuszczów. Zawartość glutationu w mięśniach nóg indyckich kształtuje się na poziomie 300 nmol/g, przy czym wartość ta pozostaje niezmienną po przeprowadzeniu obróbki termicznej [15]. Z szerokiej gamy peptydów występujących w mięsie należy wspomnieć o dwóch szczególnie cennych dipeptydach, tj. karnozynie (N-β-alanylo-L-histydyna) i anserynie (N-β-alanylo-3-metylo-L-histydyna). Ich zawartość w mięśniach piersiowych kurcząt (100 g) kształtuje się na poziomie 278 mg oraz 983 mg, odpowiednio dla karnozyny i anseryny, co stawia je na pierwszym miejscu wśród wszystkich spożywanych gatunków mięsa [5]. Ostatnio wskazuje się również na wykorzystanie mięśni skrzydeł indyckich jako źródła karnozyny i anseryny. Dipeptydy te posiadają doskonałe właściwości buforujące oraz antyoksydacyjne, działają jako chelatory metali oraz czynniki wyłapujące wolne rodniki. Specyficzne właściwości karnozyny i anseryny mogą zostać wykorzystane do ograniczania niekorzystnych zmian prowadzących do starzenia się organizmu lub wystąpienia określonych zmian chorobowych.

## 8.6. Substancje niepożądane

W mięsie drobiowym, tak jak i w wielu innych produktach spożywczych, oprócz składników odżywczych występują także **zanieczyszczenia środowiskowe**, m.in. pozostałości pestycydów, antybiotyków, metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, skażenia radioaktywne, polichlorowane bifenyle, dioksyny [17]. Bezpieczeństwo produktów drobiowych w aspekcie utrzymania ustalonych standardów skażeń mikrobiolo-

gicznych i chemicznych gwarantuje obligatoryjne wprowadzenie systemów zarządzania jakością (HACCP, GMP, GHP i in.) w całym łańcuchu żywieniowym, począwszy od hodowli poprzez ubój, przetwórstwo i dystrybucję do konsumpcji.

Składnikami niepożądanymi w mięsie są nitrozoaminy, tworzące się m.in. z azotanów w czasie przetwarzania mięsa. Całkowite wyeliminowanie związków azotowych z technologii mięsa jest praktycznie niemożliwe z uwagi na ich działanie antybotulinowe oraz tworzenie charakterystycznej barwy, cech organoleptycznych, szczególnie smakowości czy właściwości antyoksydacyjnych. W ostatnich latach ograniczono stosowanie azotanów, m.in. dzięki zwiększeniu dodatku askorbinianu, usprawnieniu procesów produkcyjnych lub modyfikacji recepturowych.

W trakcie procesów kulinarnych mięso drobiowe nabiera pożądanых cech sensorycznych, uzyskuje właściwą strukturę, lepszą strawność, jest pozbawiane zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Stosowanie jednakże wysokich temperatur w trakcie obróbki cieplnej może przyczyniać się również do tworzenia w mięsie śladowych ilości substancji toksycznych. W takich procesach jak pieczenie, smażenie, grilowanie, wędzenie, w zależności od warunków, mogą tworzyć się nitrozoaminy, heterocykliczne aminy aromatyczne (HAA), a także wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) przechodzące do mięsa drobiu z otaczającego środowiska ewentualnie we wcześniejszych fazach produkcji, np. z pasz podawanych ptakom. Niektóre z tych związków w badaniach na zwierzętach mają działanie mutagenne i kancerogenne. Dowiedziono, że w produktach drobiowych w trakcie procesów termicznych tworzy się więcej heterocyklicznych amin aromatycznych niż w innych rodzajach mięs przygotowywanych w identycznych warunkach [25]. Niemniej jednak, oznaczane poziomy związków niepożądanych nie przekraczały dopuszczalnych norm. W świetle aktualnych badań analiza ryzyka występowania tych substancji w mięsie nie daje podstaw do wyeliminowania stosowanych technologii, ale zalecenia żywieniowe zmierzają w kierunku ograniczenia nadmiernego spożywania mięsa pieczonego bezpośrednio w ogniu i w oparach spalanego na węglu tłuszczu.

## 8.7. Żywność funkcjonalna z mięsa drobiu

Żywność funkcjonalna musi być sporządzana z naturalnie występujących surowców, spożywana w dziennej diecie i mieć stały, pozytywny i udokumentowany wpływ na określone funkcje organizmu ludzkiego, np. brać udział w hamowaniu procesów starzenia się [1, 12]. Mięso, w tym mięso drobiu, jest niezbędnym składnikiem diety zamożnych społeczeństw i stanowi bogate źródło wielu cennych substancji odżywczych, tak więc niektóre jego asortymenty mogą być uznane za żywność funkcjonalną lub też stanowić podstawę do tworzenia produktów funkcjonalnych. Obecność określonych substancji występujących w mięsie naturalnie (tłuszcz, cholesterol, pozostałości antybiotyków i in.), dodanych w czasie obróbki technologicznej (sól, azotany, fosforany i in.) czy też tworzących się w trakcie przetwarzania (produkty utleniania tłuszczu, pochodne węglowodorów, składniki detergentów itp.), przy dużej konsumpcji mięsa może prowadzić do wystąpienia pewnych schorzeń. Dlatego też prowadzi się prace mające na celu takie modyfikacje składu mięsa i jego przetworów, które w zdecydowanym stopniu ograniczą lub całkowicie wyeliminują potencjalne niekorzystne efekty spożywania produktów pochodzenia zwierzęcego.

Do głównych nurtów dalszej poprawy wartości odżywczej mięsa należy dążenie do obniżenia ogólnej ilości tłuszczu i cholesterolu, wzrost udziału polienowych kwasów tłuszczowych z wypracowaniem najkorzystniejszego stosunku poszczególnych grup kwasów tłuszczowych, szczególnie z rodzin n-3 i n-6. Uzyskuje się to przede wszystkim poprzez modyfikacje żywieniowe (skład mieszanek paszowych dla drobiu), ale również techniką doskonalenia doboru genetycznego. Wyroby z mięsa (patrz rozdz. 9) wytwarza się z częściowym zamiennikowaniem tłuszczu zwierzęcego przez lipidy roślinne lub też stosuje się dodatki białek roślinnych (np. soi).

Drugim istotnym kierunkiem w rozwoju żywności funkcjonalnej jest dążenie do obniżenia ilości soli, tj. głównie jonu sodowego w produktach mięsnych, a tym samym zapobieżenie nadciśnieniu i chorobom układu krążenia. Pomimo iż surowe mięso zawiera niewielką ilość jonu sodowego (50–90 mg w 100 g) [22], po zastosowaniu obróbki termicznej zawartość soli wzrasta istotnie do poziomu od 2 do 6% w zależności od rodzaju obróbki i charakteru wyrobu. Dlatego też istotną sprawą jest redukcja ilości soli wprowadzanej do produktów w czasie procesów technologicznych. Chlorek sodu zastępuje się z powodzeniem, tzn. bez istotnego pogorszenia jakości, w tym szczególnie walorów sensorycznych, solami magnezu lub potasu, wprowadza się również związki fosforu (głównie fosforany) czy pochodne kwasu mlekowego.

Wzbogacenie wartości odżywczej produktów z mięsa drobiu można osiągnąć również poprzez używanie składników uznanych za funkcjonalne, mające pozytywny wpływ na ludzkie zdrowie. Błonnik pozyskany m.in. z owsa, soi czy jabłek może być z powodzeniem wykorzystany w produkcji pasztetów, kiełbas lub wyrobów garmażeryjnych, wzbogacając nie tylko ich wartość odżywczą, ale również walory smakowo-zapachowe czy teksturę. Inulina otrzymana z cykorii jest stosowana jako zamiennik tłuszczu w produkcji kiełbas i gotowanej szynki. Innymi czynnikami wpływającymi na obniżenie zawartości tłuszczu, a jednocześnie wzrost wartości odżywczej produktów mięsnych, są białka pochodzenia roślinnego, tj. białka soi, słonecznika, kukurydzy, owsa, roślin strączkowych. Znane jest korzystne oddziaływanie soi w profilaktyce i leczeniu chorób serca, nowotworów czy osteoporozy, jak również nieoceniony wpływ fitosteroli zawartych w tej roślinie na zmniejszenie nasilenia objawów menopauzy. Białka słonecznika bogate w aminokwas L-argininę pomagają zapobiegać wystąpieniu m.in. hipercholesterolemii i miażdżycy. Buliony drobiowe zawierające dipeptydy, karnozyne i anserynę, mające działanie terapeutyczne, mogą być wykorzystane do wzbogacania wartości odżywczej wyrobów mięsnych (np. pasztetów), jak również stanowić podstawę do przygotowania potraw. Wzbogacanie wyrobów garmażeryjnych w orzechy, charakteryzujące się wysoką zawartością polienowych kwasów tłuszczowych i białka, może przyczynić się do usprawnienia gospodarki lipidowej organizmu, obniżenia poziomu cholesterolu i zapobieżenia chorobom układu krążenia. Ponadto, surowce pochodzenia roślinnego wzbogacają wartość odżywczą wyrobów mięsnych poprzez wprowadzanie witamin, głównie witaminy C naturalnie nieobecnej w mięsie, substancji mineralnych czy związków polifenolowych, wykazujących m.in. właściwości przeciwutleniające. Korzystny wpływ na ograniczenie procesów oksydacji lipidów mają m.in. związki zawarte w zielonej herbacie, rozmarynie, oregano, skórkach cytrusów, okrywie gryki, korzeniu tarczycy bajkalskiej i in. Oprócz pozytywnych efektów zdrowotnych substancje te w większości przypadków poprawiają jakość wyrobów mięsnych, tj. kiełbas, pasztetów, czy wyrobów garmażeryjnych, oraz zwiększają ich trwałość przechowalniczą [7, 9, 12, 19, 20].

Nie można również pominąć korzystnego oddziaływania mikroflory odpowiedzialnej za procesy fermentacyjne zachodzące w kiełbasach surowych dojrzewających, które są nowym asortymentem przetworów z mięsa indyczego, będących źródłem probiotyków regulujących procesy trawienia oraz wchłaniania tłuszczu i cholesterolu.

## 8.8. Streszczenie

Wysoka wartość odżywcza (białko, witaminy, składniki mineralne i in.), niska wartość energetyczna, niska zawartość tłuszczu, pożądane cechy organoleptyczne oraz szerokie możliwości wzbogacenia wyrobów wpływają na coraz większe zainteresowanie konsumentów mięsem drobiu i jego przetworami. Z uwagi na wysokie walory jakościowe w aspekcie wartości odżywczej i cech organoleptycznych polecane jest ono w racjonalnym żywieniu osób zdrowych, a także chorych [6]. Delikatny smak i aromat mięsa drobiu umożliwia, przy wykorzystaniu przypraw i innych dodatków, przygotowywanie wielu różnorodnych wyrobów, potraw i przetworów spełniających coraz większe wymagania konsumentów. Dietetyczne właściwości mięsa drobiowego wynikają także z jego niskiej energetyczności, delikatnej struktury włókien, niskiej zawartości kolagenu, co ułatwia i skraca obróbkę cieplną, po której mięso jest kruche i łatwostrawne. Wartość odżywcza tłuszczów mięsa drobiowego jest również korzystna dla zdrowia człowieka, gdyż zawiera mniejsze niż mięso czerwone ilości nasyconych kwasów tłuszczowych, a większe – polienowych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza z rodziny n-3. Poprzez zmiany w sposobie żywienia drobiu, zastosowanie nowoczesnych technik i strategii w technologii przetwarzania uzyskać można zarówno mięso, czyli surowiec, jak i zróżnicowany asortyment wyrobów, o zwiększonej wartości odżywczej, tj. wyższej zawartości witamin, szczególnie rozpuszczalnych w tłuszczach, kwasów tłuszczowych n-3, a także skoniugowanego kwasu linolowego. Ponadto, ostatnio zwraca się uwagę na użycie nowoczesnych technik inżynierii genetycznej w kierunku uzyskania drobiu odpornego na choroby i dostarczającego mięsa o pożądanym składzie, korzystnym dla zdrowia człowieka [24].

## Piśmiennictwo

- [1] Arihara K.: 2006. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.*, 74, 219–229.
- [2] Barroeta A.C.: 2007. Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. *World's Poultry Sci. J.*, 63, 277–284.
- [3] Bartnikowska E., Zawadzka K., Szymańska M.: 2002. Wartość odżywcza mięsa zwierząt rzeźnych i drobiu. *Przem. Spoż.*, 7, 17–20.
- [4] Bender A.: Meat and meat products in human nutrition in developing countries <http://www.fao.org/docrep/t0562e/T0562E00.htm>
- [5] Decker E.A., Mei L.: 1996. Antioxidant mechanisms and applications in muscle foods. *Proceed. Meat Conf. AMSA*, 49, 64–72.
- [6] Diet, nutrition and prevention of chronic diseases. Report of Joint WHO/FAO Expert consultation, Geneva 2003.
- [7] Fernandez-Gines J.M., Fernandez-Lopez J., Sayas-Barbera E., Perez-Alvarez J.A.: 2005. Meat products as functional foods: a review. *J. Food Sci.*, 70, 37–43.

- [8] Haug A., Eich-Greatorex S., Bernhoft A. Wold J.P., Hetland H., Christophersen O.A., Sogn T.: 2007. Effect of dietary selenium and omega-3 fatty acids on muscle composition and quality in broilers. *Lipids in Health and Disease*, 6, 29–37.
- [9] Higgs J.D.: 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends Food Sci. Technol.*, 11, 85–95.
- [10] Horbańczuk J.O.: 2003. Struś afrykański. Polski Związek Hodowców Strusi.
- [11] Insel P., Turner R.E., Ross D.: 2001. Nutrition. Jones & Bartlett Pub., Boston, Toronto.
- [12] Jimenez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S.: 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.*, 59, 5–13.
- [13] Kowalczyk A., Chrzanowska M., Łukaszewicz E., Korzeniowska M., Bobak Ł.: 2007. Chemical composition and fatty acid profile of breast and leg muscles of crossbreed hybrids of Canada Goose (*Branta canadensis* L.) and White Kołuda® geese. *Animal Sci.*, S1, 72–73.
- [14] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: 1998. Tabele wartości odżywczej. Food Coposition Tables. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa.
- [15] Lee S.K., Mei L., Decker E.A.: 1996. Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added antioxidant enzymes. *J. Food Sci.*, 61, 726–728.
- [16] Lombardi-Boccia G., Lanzi S., Aguzzi A.: 2005. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *J. Food Comp. Anal.*, 18, 39–46.
- [17] Miller Jones J.: 1995. Food safety. Eagan Press St Paul Minnesota USA.
- [18] Nadolna I., Kunachowicz H., Iwanow K.: 1994. Potrawy – skład i wartość odżywcza. Dishes – composition and nutritive. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa.
- [19] Pisulewski P.: 2005. Nutritional potential for improving meat quality in poultry. *Anim. Sci. Papers Reports*, 23, 303–315.
- [20] Pszczoła D.E.: Ingredients that Get to meat matter. *Food Technol.*, 53, 62–74.
- [21] Rakowska M., Szkiłdździowa W., Kunachowicz H.: 1978. Biologiczna wartość białka żywności, WNT, Warszawa.
- [22] Romans J.R., Costello W.J., Carlson C.W., Greaser M.L., Jones K.W.: 1994. The meat we eat. Danville, IL, Interstate Publisher, Inc.
- [23] Sales J., Marais D., Kruger M.: 1996. Fat content, caloric value, cholesterol content, and fatty acid composition of raw and cooked ostrich meat. *J. Food Comp. Anal.*, 9, 85–89.
- [24] Sang H.: 2003. Genetically modified livestock and poultry and their potential effects on human health and nutrition. *Trends Food Sci. Technol.* 14, 253–263.
- [25] Skog K., Solyakov A.: 2002. Heterocyclic amines in poultry products: literature review. *Food Chem. Toxicol.* 40, 1213–1221.
- [26] Słowiński M.P., Adamczak L., Andrzejczyk J.: 2001. Mięso strusi afrykańskich – właściwości technologiczne. *Mięso i Wędliny*, 7, 38–40.
- [27] Smolińska T., Łaski T.: 1995. Skład chemiczny i ocena wybranych parametrów jakości mięsa brojlerów linii Starbro i Vedetta. *Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Technologia Żywności VIII*.
- [28] Smolińska T., Malczyk E., Krzowski R.: 2002. Histochemical analysis of lipids of white and dark muscles of chickens fed with fodder enriched with plant oils and alpha-tocopherol. *Żywność, Technologia, Jakość*, 30, 116–131.
- [29] Szostak W.B., Cybulska B.: 2002. Profilaktyka miażdżycy w świetle postępów wiedzy. Czynniki ryzyka, 2–3, 22–27.
- [30] Valsta L.M., Tapanainen H., Mannisto S.: 2005. Meat fats in nutrition. *Meat Sci.*, 70, 525–530.
- [31] Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou P.R., Sheard P.R., Enser M.: 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.*, 66, 21–32.
- [32] Wołoszyn J., Książkiewicz J., Skrabka-Błotnicka T., Haraf G., Biernat J., Kisiel T.: 2006. Comparison of amino acid and fatty acid composition of duck breast muscles from five flocks. *Arch. Tierz.*, 49, 194–204.



# 9.

## UBÓJ I OBRÓBKA POUBOJOWA A JAKOŚĆ MIĘSA DROBIU

*Wiesław Kopeć, Łukasz Bobak*

### 9.1. Przemysłowe linie uboju drobiu i obróbki poubojowej oraz podział tuszek na kawałki – innowacje techniczne i automatyzacja procesów

Uboj drobiu w nowoczesnych zakładach przemysłowych odbywa się na wysoko wydajnych liniach o dużym udziale czynności mechanicznych i zautomatyzowanych, włączając w to dopiero opracowywane metody oceny jakości i klasyfikacji tuszek drobiu z wykorzystaniem systemów komputerowej analizy obrazu. Taki stan wyposażenia staje się coraz powszechniejszy w krajowym przemyśle drobiarskim, a zakłady posiadające uprawnienia eksportowe osiągnęły w znacznym stopniu ten standard. W szeregu krajów, szczególnie rozwijających się, ale także i w Polsce istnieją nadal zakłady uboju i obróbki poubojowej drobiu, w których poszczególne operacje są w znacznym stopniu wykonywane ręcznie lub za pomocą urządzeń mechanicznych o działaniu cyklicznym. Jednak w niniejszym rozdziale starano się skupić nad nowymi, ale już stosowanymi rozwiązaniami procesu uboju drobiu. Podstawową cechą takich rozwiązań jest użycie linii ubojowych o wydajności w przypadku kurcząt brojlerów powyżej 6 000 szt./godz., a nawet do 9 000–10 000 szt./godz. Wprowadzanie potokowych linii ubojowych wymusza nie tylko coraz dalej idącą automatyzację poszczególnych operacji jednostkowych, ale także wprowadzanie nowych rozwiązań operacji i procesów związanych z dostawą żywca do zakładów ubojowych, jak również z dystrybucją produktów finalnych. Schemat podstawowych operacji jednostkowych w procesach uboju i obróbki poubojowej drobiu przedstawiono na rysunku 9.1.

Czynności przedubojowe obejmują sposób postępowania z ptakami na fermie, tj. głodzenie drobiu, chwytanie, załadunek do pojemników transportowych oraz transport do zakładu ubojowego [27]. Okres głodzenia wynoszący najczęściej 8–12 godz. powoduje wzrost wydajności poubojowej drobiu rzeźnego dzięki opróżnieniu przewodu pokarmowego, jak również obniża ryzyko zanieczyszczenia tuszek odchodami i wzrostu zakażenia mikrobiologicznego [2, 28]. Jednak pomimo wielu opracowań w tym zakresie dość trudno jest ustalić *optimum* czasu głodzenia, szczególnie ze względu na to, że dalsze wydłużanie

tego okresu do ponad 12 godz., korzystne w odniesieniu do wymagań higieniczno-jakościowych, może powodować z kolei obniżenie wydajności poubojowej drobiu. W wielu badaniach wiązano okres głodzenia przedubojowego również z jakością mięsa drobiu, a szczególnie kruchością, warunkowaną przebiegiem glikolizy i proteolizy poubojowej. W znaczącej większości badań stwierdzono istotne obniżenie wartości siły tnącej mięsa po obróbce termicznej, tj. poprawę kruchości, w wyniku głodzenia przedubojowego szczególnie przez okres 8–16 godz. [34].

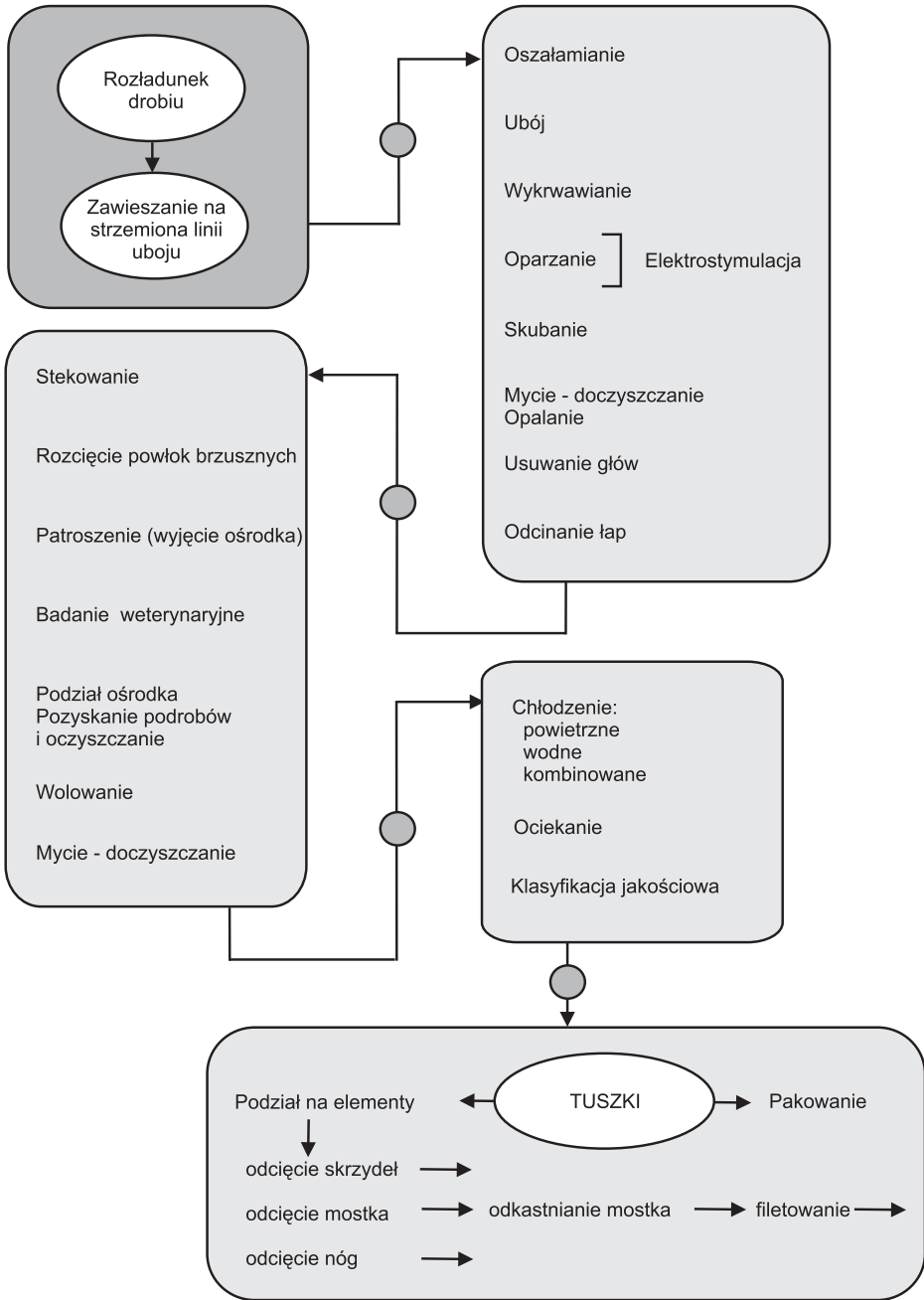
Głodzenie, szczególnie kurcząt brojlerów, nie powinno przekraczać 12 godz. również ze względu na pogorszenie immunoodporności ptaków związane ze stresem głodowym oraz osłabienie wytrzymałości mechanicznej przewodu pokarmowego, co powoduje łatwiejsze jego przerwanie w procesach mechanicznej obróbki poubojowej i zanieczyszczenie tuszek mikroorganizmami [27]. Dowiedziono, że głodzenie może być jednym z czynników nasilających stres przedubojowy, co ma zwiększać zakażenie mięsa drobiu mikroorganizmami w fazie obróbki poubojowej, chociaż mechanizm tej zależności nie jest znany.

Następny etap po głodzeniu to wyłapywanie ptaków do pojemników transportowych. Aktualnie odchodzi się od ręcznego załadunku i rozładunku drobiu, gdyż technika ta jest przyczyną 25% uszkodzeń obniżających jakość tuszek. Wśród nowoczesnych rozwiązań dominują urządzenia, w których delikatne zgarniaki przepychają brojlery na przenośniki kierujące je do pojemników lub wykorzystywane są rotory z gumowymi palcami do zbierania drobiu. Stosuje się także systemy podciśnieniowe ułatwiające załadunek żywca [55].

Drob jest najczęściej transportowany w pojemnikach typu metalowych kontenerów wielopoziomowych (np. 4-poziomowy o wymiarach 2,4x1,2x1,16 m o maksymalnym załadunku 680 kg żywca) lub klatek (pojemników plastikowych). W krajach europejskich najczęściej stosowane są klatki typu Reynders (800x600x300 mm), a w Polsce klatki o rozmiarach 920x620x310 mm. Do ptaków o dużej masie ciała (gęsi, indyki) stosuje się również baterie klatek na stałe zamontowane na samochodzie.

Obsadę zwierząt regulują w Unii Europejskiej przepisy dotyczące dobrostanu zwierząt, uwzględniające ich masę przyżyciową. Do drobiu o masie mniejszej niż 1,6 kg wymagane jest 180–200 cm<sup>2</sup> powierzchni/kg, natomiast do ptaków o masie powyżej 5 kg – nie mniej niż 105 cm<sup>2</sup>/kg. Ponadto ustalone są wymagania dotyczące temperatury w czasie przewozu zwierząt – może się ona wahać w przedziale od 5 do 30°C [11]. Większość odbiorców w indywidualnych umowach kontraktacyjnych z hodowcami drobiu obniża obsadę drobiu w środkach transportowych w okresie letnim. Podczas transportu żywca do zakładu uboju należy się obchodzić ze zwierzętami w sposób niepowodujący zbędnego niepokoju. Klatki oraz moduły paletowe muszą być wykonane z materiałów zarówno odpornych na korozję, jak i umożliwiających przeprowadzenie prawidłowego procesu mycia i dezynfekcji przed kolejnym użyciem [10].

Zasadnicze znaczenie dla jakości drobiu, jak również uzyskanych wskaźników ilościowych mają warunki transportu do rzeźni. Uważa się, że stres powstający w czasie transportu jest przyczyną 40% padnięć ptaków (tzw. DOA – ang. *a dead on arrival*) przed przyjazdem do rzeźni. Zasadnicze znaczenie mają tu dwa czynniki – długotrwałość transportu oraz stres spowodowany temperaturą otoczenia. Maksymalny czas podróży brojlerów nie powinien wynosić więcej niż 6 godz., wliczając w to załadunek i rozładunek drobiu [4].



Rys. 9.1. Operacje jednostkowe w procesach obróbki poubojowej drobiu

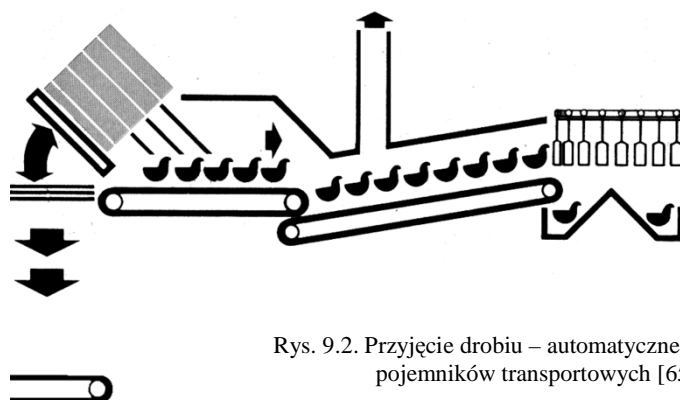
Standardem jest wymaganie ograniczenia czasu załadunku środka transportowego poniżej 2 godzin. Z kolei za optymalny uważa się czas transportu do 2 godz., co wskazuje na odległość od fermy do rzeźni rzędu 50–100 km [40]. Dłuższy transport powoduje wspomniane wyżej straty jakościowe i upadki drobiu, a także obniża wydajność poubojową. Szczególnie niebezpieczny jest stres cieplny, tj. wielogodzinny transport ptaków w temperaturach otoczenia 30–38°C, prowadzący oprócz strat fizjologicznych do wodności mięsa kurcząt po uboju powiązanej z obniżeniem kruchości. Również niskie temperatury powodujące stres chłodniczy (4°C) lub tzw. ekstremalny stres chłodniczy (-20°C) także przyspieszają przebieg glikolizy, nie wspominając o ubytkach masy ptaków i ewentualnych padnięciach. Innym czynnikiem rzutującym na wyniki ilościowe oceny poubojowej drobiu, jak również jakości mięsa jest zachowanie ptaków przed ubojem. Nadmierna aktywność ruchowa prowadzi do wyczerpania rezerw ATP i przyżyciowego zakwaszenia mięśni [2].

Po dostarczeniu drobiu do rzeźni i jego odbiorze na podstawie świadectwa zdrowia wystawionego przez lekarza weterynarii dokonuje się oceny ilościowej i jakościowej partii żywca. Obecnie powszechnie stosowane jest rozliczanie dostawy żywca z uwzględnieniem oceny jakościowej tuszek lub mięsa drobiu oraz ich masy. Dostawa drobiu odbywa się na podstawie umowy kontraktacyjnej pomiędzy zakładem uboju a producentem. W rozliczeniu partii żywca uwzględnienia się sztuki padłe w transporcie oraz konfiskaty (drób, którego mięso zostało uznane za niezdatne do spożycia przez Inspekcję Weterynaryjną). Ponadto ustala się udział drobiu o niższej jakości wykazujący odleżyny, pęcherze, złamania kończyn oraz drób o niskiej masie przyżyciowej, tj. np. poniżej 1,4 kg (lub o masie tuszki poniżej 1 kg po uboju i obróbce poubojowej). W ocenie żywca bierze się również pod uwagę stan okarmienia i napojenia ptaków (m.in. na podstawie oceny wypełnienia wola). W przypadku stwierdzenia nadmiernego okarmienia stosuje się potrącenia zwyczajowo ok. 3% (odjęcie od masy żywca). Jeśli okarmienie jest wyższe, przeprowadza się wyrywkowe próby określenia ilości treści pokarmowej i zwiększa odliczenie [1]. Ostateczne rozliczenie dokonywane jest w oparciu o wyniki poubojowej klasyfikacji tuszek (przelicza się masę tuszek o niższej jakości na żywiec) z uwzględnieniem wspomnianych wyżej odliczeń i potrąceń. Drób o obniżonej jakości jest klasyfikowany jako tzw. klasa B i rozliczany po niższej cenie (najczęściej stosowane są potrącenia rzędu 10%).

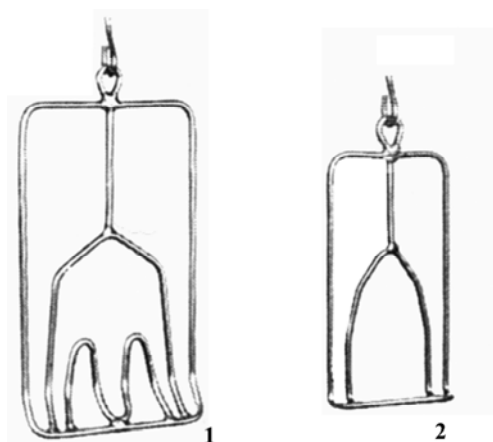
Technika wylądunku drobiu i zawieszania na strzemionach linii ubojowej ma zasadnicze znaczenie w jakości finalnej mięsa, gdyż w fazie tej powstaje znacząca część uszkodzeń drobiu przed ubojem. Najkorzystniejszy jest rozładunek drobiu z kontenerów przez ich przechylenie, wówczas drób zsuwa się na przenośnik taśmowy i jest transportowany do stanowisk zawieszania ręcznego (rys. 9.2).

Tradycyjny system zawieszania drobiu na strzemiona linii uboju (rys. 9.3) dwupunktowo za łapy (głową w dół) ma szereg wad związanych ze stresem występującym u ptaków, które starają się powrócić do naturalnej pozycji.

Jak dotąd nie ma alternatywy dla tej techniki, gdyż systemy automatycznego zawieszania drobiu na linię ubojową są w fazie testowania prototypów (np. podwieszanie za nogę przy wykorzystaniu kłapek kontenera transportowego). Szczególnie łatwe i korzystne jest zawieszanie drobiu oszołomionego metodą gazową w pojemnikach. W tym wypadku nie występują uszkodzenia związane z aktywnością ptaków lub niewłaściwym postępowaniem przy rozładunku.



Rys. 9.2. Przyjęcie drobiu – automatyczne opróżnianie pojemników transportowych [65]



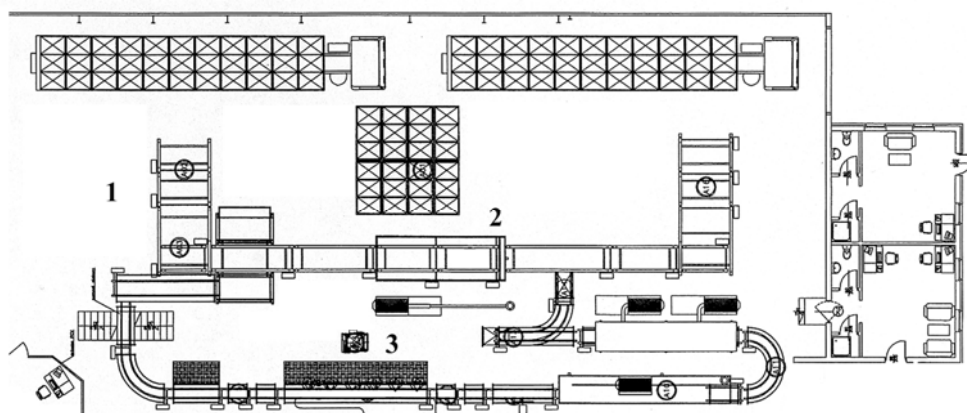
1. Strzemię linii patroszenia
2. Strzemię linii uboju

Rys. 9.3. Strzemiona linii patroszenia i rozbioru [63]

Przyjęcie określonego systemu odbioru drobiu jest uzależnione od środków technicznych, w jakie wyposażony jest zakład. Odbioru żywca dokonuje się na tzw. odcinku lub punkcie przyjęcia (rys. 9.4).

W zależności od techniki dostawy najczęściej kontenery są zestawiane mechanicznie i opróżniane przez przechylenie lub w przypadku kontenerów wielopoziomowych z klatkami mechanicznie wysuwane z kontenera, z wykorzystaniem podnośnika umożliwiającego zmianę poziomu i zdejmowanie poszczególnych warstw klatek. Ważenia żywca dokonuje się przez określenie masy pojemników z ptakami przy użyciu urządzenia automatycznego (wyniki kierowane są do jednostki sterującej), następnie po opróżnieniu klatek lub kontenerów z drobiu są one ważone ponownie. Automatyczny system rozliczenia dostaw żywca obejmuje także licznik sztuk drobiu. Dane z punktu przyjęcia są wprowadzone do głównego systemu monitorowania masy drobiu.

Obecnie często określa się tylko masę netto partii żywca, która zostaje wprowadzona do komputera współpracującego z systemem ewidencji ilościowej (masy) drobiu, umożliwiającego obliczenie ostatecznej wydajności poubojowej (różnej) z uwzględnieniem konfiskat oraz udziału procentowego poszczególnych klas jakościowych [63].



1. Urządzenie do rozładunku pojemników
2. Myjka pojemników
3. Stanowisko zawieszania drobiu

Rys. 9.4. Schemat odcinka przyjęcia i zawieszania [1]

### 9.1.1. Oszałamianie

Pierwszą czynnością po zawieszeniu ptaków na strzemiona przenośnika linii ubojowej na punkcie przyjęcia jest oszałamianie. Czynność ta jest wymagana przez przepisy prawa w większości krajów świata (w tym w UE) jako konieczna do przeprowadzenia humanitarnego uboju zwierząt (wyjątkiem są względy religijne – ubój koszerny lub zgodny z zasadami religii muzułmańskiej tzw. halal). Oszałamianie w wyniku zatrzymania akcji serca lub tylko pozbawienia ptaków świadomości powinno zapewniać bezbolesne przeprowadzenie właściwego uboju poprzez przecięcie naczyń krwionośnych szyi. Istotnym skutkiem oszałamiania jest również unieruchomienie ptaków przed ubojem i wykrwawianiem.

W praktyce stosowane są dwie zasadnicze techniki oszałamiania: elektryczne i gazowe.

Znanych jest wiele rozwiązań oszałamiania przy użyciu prądu elektrycznego, najczęściej [49] stosuje się:

- a) prąd zmienny o napięciu 80–120 V i typowej częstotliwości 50 Hz;
- b) prąd zmienny o częstotliwości od 400 do 2400 Hz (najczęściej 400–800 Hz – Unia Europejska);
- c) niskonapięciowe (10–25V) i o wysokiej częstotliwości 500 Hz (USA);
- d) prąd stały o napięciu 90 V; powodujący mocne oszołomienie (nie stosuje się go powszechnie);
- e) metody pulsacyjne z wykorzystaniem prądu wysokiej częstotliwości 400 Hz (niskonapięciowe 14–28 V, natężenie poniżej 0,3 A).

Ta ostatnia metoda zapewnia delikatne oszałamianie umożliwiające uzyskanie tuszek drobiu o wysokiej jakości. W metodzie oszałamiania elektrycznego wykorzystuje się zbiornik (oszałamiacz) z włókna szklanego lub innego izolatora odpornego na działanie soli, wypełniony wodą lub 1% roztworem NaCl przenoszącym prąd elektryczny. Zbiornik

jest ustawiony poziomo z możliwością regulacji pionowej (wysokości), tak żeby głowa ptaka w czasie przesuwu przenośnika linii uboju była całkowicie zanurzona. W zbiorniku znajduje się metalowy pręt, do którego podłączona jest faza prądu elektrycznego. Linia ze strzemionami jest uziemiona. Obwód się zamyka, gdy wiszące ptaki dostają się do zbiornika i następuje przepływ prądu od głowy do łap. Stosuje się również natrysk wody na łapy w celu ułatwienia przepływu prądu, co poprawia efektywność oszałamiania. Wskaźnikiem poprawności procesu oszołomienia jest przykurcz skrzydeł do tułowia, sztywna głowa i tułów bezpośrednio utrzymujące się do czasu osiągnięcia urządzenia ubojowego przez ptaki zawieszane na strzemionach. Czas pomiędzy oszałamianiem a ubojem powinien wynosić 15–18 s, żeby uniemożliwić częściową relaksację mięśni po oszałamianiu.

Proces oszałamiania jest ciągły, a jego wydajność uzależniona od szybkości linii uboju, np. około 150 ptaków na minutę dla linii o wydajności 9 000 szt./godz. Zasadnicze znaczenie w efektywności procesu oszałamiania ma wartość natężenia prądu przepływającego przez ciało ptaka. Ponieważ poszczególne ptaki charakteryzują się różną opornością, prąd przepływający przez każdego osobnika jest różny. Jest to podstawowa wada tej metody pozbawiania ptaków świadomości.

Stosuje się systemy o niskim natężeniu prądu, co może być wystarczające do wywołania pożądanых reakcji epileptycznych, ale nie zapobiega odczuwaniu bólu i stresu przez ptaki, oraz o wysokim natężeniu (powyżej 100–120 mA/na ptaka). Użycie systemu o niskim natężeniu prądu prowadzić może do oszołomienia odwracalnego, tj. z możliwością powrotu do funkcji życiowych, ale w okresie wyraźnie dłuższym niż pomiędzy ubojem a oszałamianiem. Zróżnicowanie warunków i techniki oszałamiania nie dotyczy krajów Unii Europejskiej, gdzie starano się wprowadzić jeden standard. Uważa się, że stosowanie prądu zmiennego o częstotliwości 50 Hz i natężeniu 150 mA powoduje zatrzymanie akcji serca u 99% ptaków i nieodwracalne oszołomienie (śmierć). Prąd minimalny według zaleceń unijnych to 100 mA. Stosowane w Europie systemy o wyższym natężeniu prądu prowadzą do nieodwracalnego oszołomienia, ale są przyczyną odchyłeń jakościowych typu złamania kości, zaczerwienienia końcówek skrzydeł czy wybroczyn w mięśni piersiowym. Występuje związek pomiędzy wzrostem natężenia prądu a wybroczynami w mięśni piersiowym głębokim. Szczególnie niekorzystny jest przedział 120–160 mA. W Stanach Zjednoczonych stosuje się najczęściej prąd o niskim napięciu (do 25 V) i wysokiej częstotliwości (do 500 Hz). W systemach niskonapięciowych najkorzystniejsze skutki przynosi oszałamianie prądem o napięciu nie wyższym niż 35 V i 0,3 A przez 8 sekund – stosowanie prądu o takich parametrach zabezpiecza przed wybroczynami w mięśni piersiowym [49]. Wzrost częstotliwości prądu obniża ilość odchyłeń jakościowych, stąd w nowoczesnych liniach ubojowych nie spotyka się oszałamiaczy elektrycznych pracujących przy standardowej częstotliwości 50 Hz. Typowym rozwiązaniem jest stosowanie 400–800 Hz z możliwością uzyskania nawet 2 400 Hz [52]. System oszałamiania obejmujący zawieszanie żywych ptaków na strzemiona linii uboju oraz oszałamianie elektryczne zanurzeniowe budzi szereg zastrzeżeń związanych z problemami ochrony zwierząt poddawanych ubojowi oraz powoduje pogorszenie jakości drobiu po uboju. Zsinienia i wylewy związane ze złamaniami kończyn wynikają m.in. z reakcji obronnych ptaków w czasie i po zawieszeniu (intensywny ruch skrzydeł, próby utrzymywania równowagi). W fazie oszałamiania zanurzeniowego występuje zróżnicowane działanie prądu zależne od oporu tuszki, ponieważ stosowane są systemy utrzymywania stałego napięcia (lub natężenia) a nie opracowano przemysłowej metody utrzymywania stałego ładunku. Ponadto występuje duży problem

z oszałamianiem indyków, których skrzydła wiszą poniżej głowy i w ten sposób następuje szok elektryczny przed oszałamianiem. Podobne trudności występują przy oszałamianiu drobiu wodnego, szczególnie gęsi, które dzięki długim dobrze umięśnionym szyjom unoszą głowy i oszałamianie nie jest w pełni skuteczne. Dlatego też w latach 90. wprowadzono oszałamianie gazem jako alternatywę dla metody elektrycznej. Powoduje ono m.in. istotne obniżenie częstotliwości występowania złamań kości i wybroczyn.

Proces jest prowadzony w specjalnych tunelach, częściowo zagłębionych, gdyż stojuje się gazy lub ich mieszaniny o gęstości większej niż powietrze. Proces pomimo wielu korzyści stwarza problemy natury technicznej, gdyż tunel powinien być dość długi (minimalny czas procesu wynosi ok. 3 min, aby zapewnić prawidłowe oszałamianie), występuje także problem z utrzymaniem stabilności składu mieszaniny gazowej, naruszanej przez przesuwanie klatek z drobiem. Dlatego najlepiej jest wprowadzić mieszaninę gazową przygotowaną poza tunelem w przeciwnym kierunku do ruchu klatek z drobiem [17].

Oszałamianie gazowe wymaga także zastosowania specjalnych zabezpieczeń pracownikom.

W tzw. systemie jednofazowym pojemniki z drobiem są układane na przenośniku i przekazywane do tunelu oszałamiania na niższym poziomie. Następnie przenoszone są windą na wyższy poziom a drób podwieszany ręcznie na przenośnik linii uboju w stanie oszołomienia, co znakomicie ułatwia tę operację.

Znane są dwa podstawowe rozwiązania techniczne procesu oszałamiania gazowego: automatyczny wyładunek drobiu z kontenerów lub pojemników na przenośnik oszałamiania lub oszałamianie bezpośrednio w klatkach (w tej metodzie nie można wyeliminować sztuk padłych – DOA).

Do oszałamiania stosowane są gazy atmosferyczne ( $\text{CO}_2$ , Ar,  $\text{N}_2$  i  $\text{O}_2$ ), jednak skład mieszanin odbiega całkowicie od składu powietrza, a udział poszczególnych gazów jest kontrolowany w czasie procesu, stąd nazwa oszałamianie w atmosferze kontrolowanej (ang. controlled atmosphere stunning CAS). Używane są dwa zasadnicze rodzaje mieszanin gazowych: oparte o atmosferę zawierającą argon (zastępujący tlen) lub Ar i  $\text{CO}_2$  wywołującą tzw. anoksję (głównie w Wielkiej Brytanii, gdzie użycie wysokich stężeń  $\text{CO}_2$  jest zabronione) oraz z wysokim stężeniem  $\text{CO}_2$  (nawet powyżej 80%). Zastosowanie systemów z wysokim udziałem argonu prowadzi do oszołomienia nieodwracalnego (zatrzymanie akcji serca). Systemy z niskim udziałem  $\text{CO}_2$  (poniżej 40%) powodują oszołomienie odwracalne. Zasadniczym problemem jest niemożność stosowania bardzo wysokich stężeń  $\text{CO}_2$ , szczególnie w pierwszej fazie procesu, ze względu na zbyt gwałtowną reakcję ptaków. Dlatego najkorzystniejszym rozwiązaniem jest system wielofazowy, np. dwufazowy, tj. w mieszaninie tlenu i dwutlenku węgla w pierwszej fazie przy niskim stężeniu  $\text{CO}_2$  (np. 40%  $\text{CO}_2$ , 30%  $\text{O}_2$  i 30%  $\text{N}_2$ ), wówczas następuje znieczulenie (anestezja). Natomiast w drugiej fazie następuje utrata świadomości lub śmierć (eutanazja) przy wysokim poziomie  $\text{CO}_2$  (80%  $\text{CO}_2$ , 5%  $\text{O}_2$ , 15%  $\text{N}_2$ ) [49].

System oszałamiania gazowego w odróżnieniu od elektrycznego powoduje przyspieszenie poubojowej glikolizy, chociaż po 8 godz. od uboju pH mięśni ptaków poddanych oszałamianiu obu metodami jest zbliżone. Korzyścią stosowania systemu gazowego jest obniżenie ilości wybroczyn oraz poprawa zdolności utrzymywania wody przez mięso drobiu. Zastosowanie oszałamiania gazowego zamiast elektrycznego obniża ilość uszkodzeń ud pięciokrotnie, tj. z 10 do 2%, piersi i skrzydeł od 1 do 4%. Ilość tuszek z wybro-



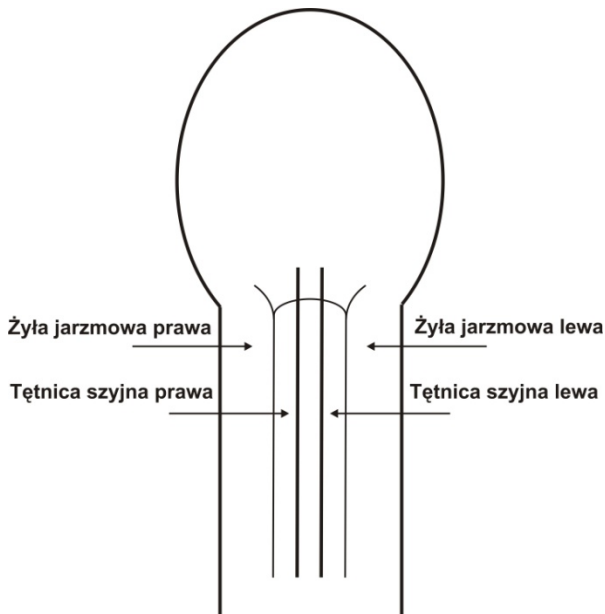
czynami i przekrwieniami, w tym: w mięśniu piersiowym zewnętrznym zmniejsza się z około 3 do 1%, a w udach z 30 do 8%.

Oszałamianie w mieszaninie gazów o przewodze argonu (Ar/CO<sub>2</sub>) powoduje szybszą glikolizę poubojową i wyższe wycieki po obróbce termicznej mięsa niż po użyciu mieszaniny CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>. Szczególnie korzystne jest zestawienie: 30% CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> poniżej 5%, reszta argon, co pozwala na wydatne obniżenie ilości wybroczyn w porównaniu do metod elektrycznych, szczególnie o wysokim napięciu prądu. Po oszałamianiu z CO<sub>2</sub> obserwowana jest tendencja do zaróżowienia skóry.

Bardzo zróżnicowana jest sytuacja prawna w zakresie zezwoleń na stosowanie oszałamiania gazowego w poszczególnych krajach Unii. W Europie system działa na podstawie specjalnych zezwoleń, gdyż w ustawodawstwie Unii brak ogólnych uregulowań w tym zakresie. Generalnie metoda nie jest zabroniona, a jej stosowanie regulowane jest odpowiednimi przepisami krajowymi [17]. Najczęściej stosowana jest w odniesieniu do indyków, rzadziej kurcząt brojlerów. Podstawowym minusem oszałamiania gazowego jest wysoki koszt inwestycji oraz eksploatacji urządzeń, co powoduje znaczący koszt jednostkowy procesu oszałamiania.

### 9.1.2. Ubój

Wykrwawiania dokonuje się w wyniku otwarcia naczyń krwionośnych zlokalizowanych w szyi poprzez cięcie ubojowe. Układ naczyń krwionośnych składający się z żył jarzmowych i tętnic szyjnych przedstawiono na rysunku 9.5.



Rys. 9.5. Układ naczyń krwionośnych

Cięcia ubojowego dokonuje się od strony zewnętrznej lub od wewnątrz przez dziób ptaka. Ubój przez dziób jest wykonywany ręcznie przez cięcie krzyżowe obu układów naczyń krwionośnych i stosowany jest wyłącznie w celu uniknięcia zabrudzenia pierza drobiu wodnego krwią, gdyż wykrwawianie odbywa się przez dziób. Jednakże najczęściej stosowane jest cięcie zewnętrzne, przy czym prawidłowe wykrwawianie można uzyskać już przez przecięcie jednej tętnicy i żyły szyjnej (najczęściej lewych). Mniej korzystne jest odcięcie głowy lub ubój metodą koszerą, tzn. przecięcie wszystkich naczyń krwionośnych oraz tchawicy i przetyku, co jednak z kolei sprzyja zachowaniu higieny operacji oparzania. Aktualnie stosowane cięcie zewnętrzne umożliwia usunięcie do 50% całkowitej ilości krwi zawartej w ciele ptaka w czasie wykrwawiania, które trwa od 120–180 do 300 s w zależności od gatunku i wielkości drobiu oraz techniki cięcia ubojowego (jednostronne lub obustronne). Poza ubojem rytualnym – ręcznym (m.in. koszerą) stosuje się metody mechaniczne. Urządzenie do automatycznego uboju ptaków – nóż ubojowy jest wyposażony w zespół prowadnic zwięzających się w miarę przesuwu strzemion transportera linii uboju i utrzymujących głowę ptaka, następnie ustawiających ją poziomo na cięcie ubojowe wykonywane przez obrotowy nóż tarczowy lub zespół dwóch noży (górny i dolny) (rys. 9.6).



Rys. 9.6. Nóż ubojowy [63]

Warunkiem prawidłowego uboju jest wystąpienie naciągu tuszki pomiędzy strzemionami a prowadnicami noża ubojowego. Cięcie ubojowe nie powinno prowadzić do uszkodzenia kręgosłupa, jak również tchawicy, która jest usuwana razem z głową. Cięcie powinno obejmować tętnice i żyły jarzmowe w celu właściwego wykrwawienia. Po automatycznym cięciu ubojowym następuje wykrwawianie nad rynnowym korytem przez ok. 180 s w przypadku kurcząt brojlerów, a do 5 min w przypadku dużych ptaków (gęsi i indyków). Krew zbierana w korycie jest kierowana do utylizacji. W przypadku kurcząt brojlerów właściwy czas wykrwawiania wynosi od 60 do 133 s, a około 80% krwi jest usuwane w pierwszych 40 s po uboju. Uważa się jednak, że przed następną operacją –

oparaniem potrzebny jest czas buforowy ok. 60 s, co minimalizuje również zanieczyszczenie krwią wody w oparalniku. W wyniku wykrwawiania następuje śmierć ptaków. Pomimo automatycznego prowadzenia uboju konieczna jest ręczna kontrola tej operacji, gdyż zdarza się, że cięcie ubojowe zostanie przeprowadzone nieprawidłowo, a wówczas żywe ptaki byłyby oparzane, co jest niehumanitarne oraz prowadzi do strat ekonomicznych (konfiskaty). Prawdliwość wykrwawiania jest ściśle związana z metodą oszałamiania – najlepsze wykrwawianie osiąga się przy oszałamianiu prądem wysokiej częstotliwości, gorsze przy oszałamianiu gazowym [4].

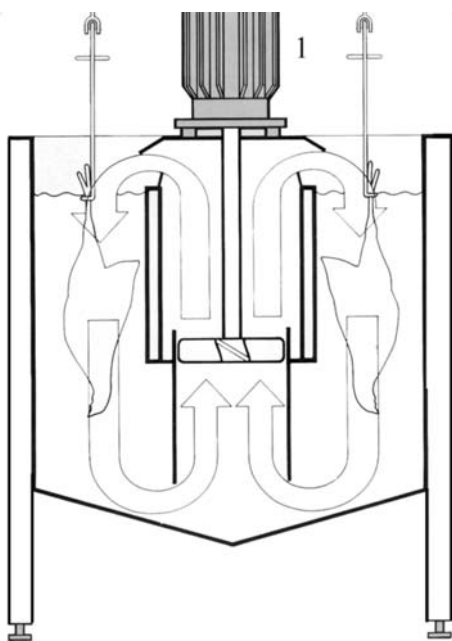
W nowoczesnej linii ubojowej po wykrwawianiu stosuje się urządzenie, w którym poprzez nacisk na okolice brzuszna i przykropową następuje wyciskanie pomiotu, po czym w urządzeniu natryskowym następuje wymycie pomiotu i całego ptaka wodą o temperaturze zbliżonej do temperatury kolejnego procesu, tj. oparzenia. Woda z pomiotem krąży w obiegu zamkniętym, części stałe są odfiltrowywane na sicie rafinacyjnym, a woda pasteryzowana i zwracana do urządzenia [64].

### 9.1.3. Oparzenie

Celem oparzenia jest rozluźnienie torebek piór ułatwiające późniejsze skubanie. Mimo znacznego postępu rozwiązań technicznych zabiegu oparzenia, polegających na poprawie higieny i skuteczności procesu, jest on realizowany głównie techniką zanurzeniową. Oparalnik jest zazwyczaj długim, prostopadłościennym zbiornikiem umożliwiającym zanurzenie ciała ptaka zawieszonoego na strzemionach linii uboju w wodzie o odpowiedniej temperaturze i przez określony czas, pozwalając na rozluźnienie torebek piór. Oparalniki są urządzeniami składającymi się z segmentów, co umożliwia dowolne ich ustawienie przestrzenne oraz ustalenie drogi, a przez to czasu trwania oparzenia. Obecnie stosuje się ustawienie sekcji oparalników w 2–3 rzędach przy zachowaniu osobnego i niezależnego zasilania sekcji w wodę, co obniża stopień jej zakażenia w kolejnych dalszych sekcjach [63]. Szybkość przesuwu linii uboju powoduje wypływanie tuszek drobiu na powierzchnię w korycie oparalnika, przeciwdziała temu wytworzenie kaskadowego ruchu wody poprzecznie do kierunku przesuwu tuszek w wyniku zastosowania pionowo umieszczonych pomp wirowych (rys. 9.7) lub w nowszych rozwiązaniach przez zastosowanie dysz lub dyfuzorów powietrznych powodujących ruch wody (tzw. oparalniki typu jacuzzi z wykorzystaniem podciśnienia wywołwanego przez kawitację) [52].

W zakresie techniki oparzenia wyróżnia się 2 lub 3 warianty procesu: półoparzenie lub niskotemperaturowe przy 50–53°C przez 60–180 s stosowane przy obróbce brojlerów drobiu grzebiącego, ale również rosterów przeznaczonych do schładzania powietrznego (ten rodzaj obróbki nie prowadzi do uszkodzeń naskórka zarówno w trakcie skubania, jak i pozostałych operacji obróbki poubojowej) oraz oparzenie wysokotemperaturowe przy temp. 55–65°C przez czas do 90 s. W wyższych temperaturach oparza się drób wodny (57–65°C), którego naskórek jest mniej podatny na uszkodzenia, a rozluźnienie pochewek piór wymaga większej dawki energii cieplej zaś samo skubanie – wydatkowania większej energii mechanicznej. Temperatura oparzenia drobiu wodnego jest również zależna od ilości tłuszczu podskórnego. Brojlery kacze mogą być skutecznie oparzane nawet w temperaturach rzędu 57°C, drób starszy wytuczony – nawet w temperaturach ponad 65°C [61]. Czasami wyróżnia się także tzw. oparzenie łagodne lub pośrednie (ang. *medium* lub *sub-scalding*) w temperaturach do 58°C, jest ono stosowane wówczas, gdy nie zależy nam

na zachowaniu naskórka drobiu grzebiącego, a szczególnie jego natywnej żółtawej barwy, pod warunkiem że drób jest schładzany metodą immersyjną lub mieszaną, tj. powietrzno-natryskową przy wysokiej wilgotności względnej powietrza. Woda w oparzalnikach jest najczęściej ogrzewana w wyniku bezpośredniego wtrysku pary do zbiornika. Przy stosowaniu oparzania niskotemperaturowego wymagana jest duża precyzja utrzymania temperatury w przedziale  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , czego nie jest w stanie zapewnić system bezpośredniego ogrzewania parą. Dlatego w nowoczesnych typach oparzalników stosuje się w środkowej części wymiennik płytowy ogrzewany gorącą wodą lub parą, a wyrównanie temperatury wody w całym zbiorniku zapewnia system z dyfuzorami powietrznymi wywołującymi kawitację i powstawanie podciśnienia w górnej warstwie wody w oparzalniku w momencie rozkładu pęcherzyków kawitacyjnych. To podciśnienie zapobiega wypływaniu drobiu na powierzchnię wody [66].



1. Pompa wirowa pionowa

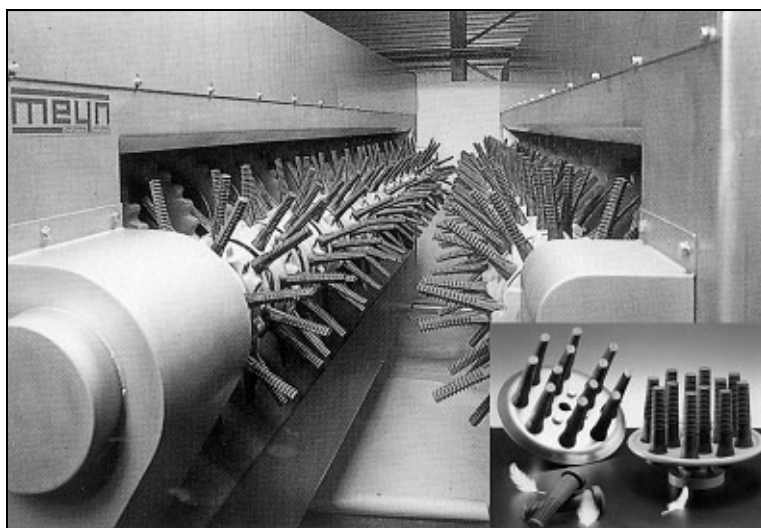
Rys. 9.7. Przekrój oparzalnika immersyjnego [65]

Wysoki stopień zakażenia powierzchniowego tuszek, spowodowany oparzeniem immersyjnym, od dawna skłaniał ku poszukiwaniom alternatywnych systemów tej obróbki. Oryginalnym, polskim rozwiązaniem było opracowanie technologii oparzania drobiu wodną parą wodną ( $95\text{--}100^{\circ}\text{C}$ ), jednak nie została ona rozpowszechniona, gdyż drób tak oparzany wymagał zastosowania innych urządzeń do skubania niż typowo wykorzystywane przez przemysł [66]. W ostatnich latach powraca się do poszukiwań nowych rozwiązań, czego przykładem są systemy oparzania w komorach z gorącym wilgotnym powietrzem, wyposażone w dysze kierujące strumień powietrza bezpośrednio na tuszki, a w tym szczególnie w miejsca trudne do późniejszego skubania (skrzydła, grzbiety). Przy użyciu

oparzania wilgotnym powietrzem można zastosować mniej intensywną obróbkę części piersiowej tuszki, która powinna być chroniona przed działaniem nadmiernej temperatury, czyli tzw. przeparpowaniem [63]. System ten zapewnia także dobre oparzenie łap drobiu (po ich uprzednim odcięciu od tuszki), ułatwiające zdejmowanie zewnętrznego naskórka i paznokci podczas obróbki tego surowca z przeznaczeniem do wykorzystania kulinarnego. Obróbka tego surowca poza oparzeniem obejmuje skubanie w skubarkach o działaniu okresowym. Łapy drobiu, szczególnie wodnego, są cenionym surowcem kulinarnym w krajach Azji.

#### 9.1.4. Skubanie

W warunkach przemysłowych znaczenie ma tylko skubanie ptaków metodą mechaniczną w sposób ciągły. Proces odbywa się w urządzeniach wyposażonych w palce gumowe posiadające bruzdy w celu lepszego zaczepu oparzonych piór (rys. 9.8).



Rys. 9.8. Skubarka z elementami skubiącymi [64]

Stosowane są elementy skubiące o różnej długości i średnicy w zależności od obrabianego gatunku drobiu. Palce są osadzone na tzw. tarczach wykonujących ruch obrotowy, powodujący rozchylenie palców w kierunku zewnętrznym. Zespoły tarcz osadzone są najczęściej w 2–4 rzędach na różnej wysokości, a profil obsady tarcz odpowiada w przybliżeniu kształtowi tuszki, co określane jest mianem „ekranowania”. Skubanie dużych ptaków, np. indyków, jest trudniejsze również ze względu na bardziej kulisty kształt tuszki. Żeby dotrzeć do miejsc trudniej dostępnych, stosuje się palce osadzone na półkulach a nie tarczach. Ponadto w skubarkach przeznaczonych do obróbki indyków stosuje się tarcze (półkule) ustawione od spodu.

Obecnie dzięki dużemu wyrównaniu partii drobiu (szczególnie kurcząt brojlerów) istnieje możliwość zastosowania skubarek, w których ustawia się tylko odległość pomiędzy obu częściami roboczymi urządzenia, a wszystkie palce w poszczególnych rzędach skubią całe ciało ptaka. We wcześniejszych rozwiązaniach ustawiano indywidualnie skubarkę (w tym rzędy tarcz skubiących) do usuwania pierza z określonych partii tuszki. W nowoczesnych skubarkach stosowane jest też rozwiązanie z przesuwającym się wałem z palcami skubiącymi od górnej części wiszącej w strzemionach tuszki (nogi) ku dolnej (głowa). W celu poprawy efektywności skubania stosuje się natrysk ciepłą wodą o temperaturze 40–42°C, ułatwiający splukiwanie upierzenia transportowanego przenośnikiem na zewnątrz odcinka uboju. Na nowoczesnych liniach obróbki poubojowej drobiu nie stosuje się systemów hydrotransportu powodujących duże zużycie wody – uboczne artykuły uboju są usuwane za pomocą urządzeń podciśnieniowych (rys. 9.9), dotyczy to również wszystkich operacji patroszenia.



Rys. 9.9. Urządzenie podciśnieniowe do transportu ubocznych artykułów uboju [64]

Przy zastosowaniu niskotemperaturowego oparzania skubanie mechaniczne trwające nie więcej niż 1 min może nie usunąć wszystkich piór, szczególnie pałek i piór włosowatych, z trudniej dostępnych miejsc tuszki (kuper, szyja, skrzydła). Wówczas konieczne jest ręczne doczyszczanie tuszek łącznie z opalaniem zwłaszcza piór włosowatych. Szczególnym problemem jest zdejmowanie okrywy piór drobiu wodnego będącego cennym surowcem pierzarskim. Pióra o bardzo dużej twardości i wartości jako ozdoby, tj. skrzydłowe długie i ogonowe twarde winny być wrywane ręcznie przed oparzeniem, wykonywanym podobnie jak w przypadku drobiu grzebiącego najczęściej metodą zanurzeniową. Skubanie mechaniczne drobiu wodnego zazwyczaj jest trudniejsze niż grzebiącego, dlatego należy prowadzić doczyszczanie tuszek po skubaniu przez zanurzenie w masie woskowej.

Woskowanie jest przeprowadzane często przy trójpunktowym zawieszaniu tuszek drobiu wodnego, tj. automatycznie zostaje podwieszona głowa, a tuszka uzyskuje pozycję horyzontalną (w tym położeniu głowa i łapy nie są woskowane). W procesie woskowania stosuje się 1 lub częściej 2 kąpiele – pierwszą z gorącą masą (70°C) o małej lepkości do pokrycia tuszki i drugą z ciepłą masą (58°C) do pogrubienia warstwy, chłodzonej następnie zanurzeniowo w wodzie o temp. 5–10°C. Zesztywniała masa woskowa jest zdzierana mechanicznie (ewentualnie pozostałości są usuwane ręcznie) i zawiera resztki piór, pióra włosowate i pałki, jak również tłuszcz i płyn surowiczy z niewykształconych piór. Dlatego też po użyciu powinna być regenerowana po upłynnieniu poprzez filtrację, a następnie obróbkę chemiczną zasadową i kwasową [4]. Również pierze drobiu wodnego usunięte w wyniku skubania metodą mechaniczną musi być poddane tzw. praniu przy użyciu środków powierzchniowo czynnych, odwirowaniu wody oraz wstępnemu suszeniu przed skierowaniem do zakładów piarzarskich.

Po procesie skubania tuszki są myte metodą natryskową (ewentualnie z usuwaniem resztek upierzenia w urządzeniu z wałem mającym cienkie paski gumowe) oraz przeprowadzana jest ostatnia operacja na odcinku uboju, tj. odcięcie łap w stawie skokowym, połączona najczęściej z przewieszaniem tuszek na strzemiona linii patroszenia. Operacja odcięcia łap odbywa się na kole wału linii patroszenia, gdzie następuje podjęcie nóg w stawie skokowym i ich przecięcie przez ustawiony ukośnie nóż tarczowy.

Strzemiona z tuszkami kierowane przez prowadnicę wejściową, prowadnicę strzemion i prowadnicę nóg zostają umieszczone w kole wału linii uboju. Łapy zostają zgięte w stawie skokowym podczas transportu w kole wału wejściowego. Jest to wymóg dokonania poprawnego cięcia przez nóż tarczowy. Przed odcięciem skoków koło zapadkowe pośredniczące przejmuje tuszkę z wału linii uboju, w tym czasie następuje odcięcie łap pozostających w strzemionach linii uboju, które przesuwają się do wyczepiacza łap (wał z paskami gumowymi wykonujący ruch obrotowy), gdzie następuje wyładunek poprzez wybicie ze strzemion lub wysunięcie przy użyciu specjalnej prowadnicy. Tuszki zaczepione za stawy skokowe transportowane są przez koło zapadkowe, nad którym zamontowany jest plastikowy dysk, do wału wyjściowego linii patroszenia. Dysk lekko popycha nogi, powodując przewieszanie na strzemiona przenośnika patroszenia. Jeśli linie uboju i patroszenia mają zsynchronizowaną prędkość, to urządzenie pośredniczące ma kształt koła; jeśli się różnią prędkościami, przewieszacz ma kształt owalny, co umożliwia dostosowanie szybkości dwóch linii.

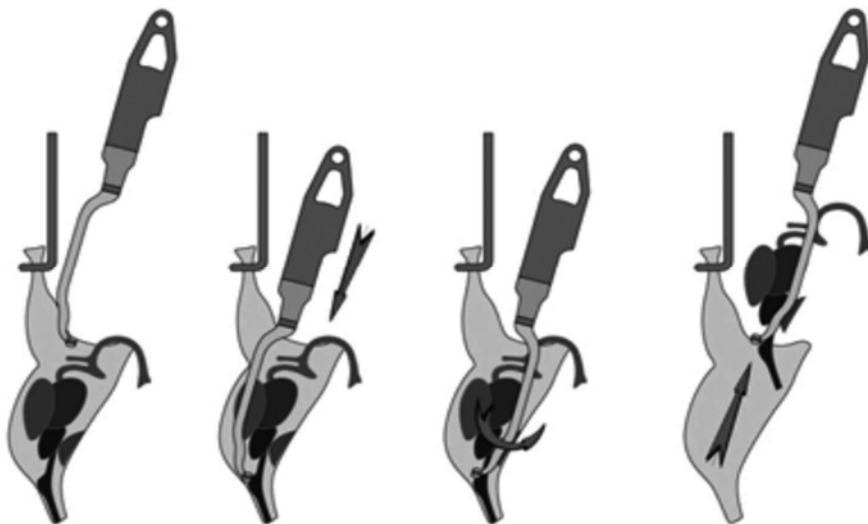
Generalnie rozwiązania przewieszaczy muszą być zgodne z wydajnością linii ubojowych oraz są limitowane szybkością linii patroszenia. Stosowane są dwa rozwiązania – jedna linia uboju, dwie patroszenia lub jedna linia uboju o mniejszej wydajności (140 ptaków/min) i jedna linia patroszenia [52].

### 9.1.5. Patroszenie

Pierwszą operacją na linii patroszenia jest wycięcie steku. Gruczoł stekowy na częściowo zmechanizowanych liniach patroszenia jest usuwany przy użyciu krótkiego noża obrotowego. Po każdym cięciu nóż jest myty wodą z podchlorynem. Po cięciu głębokości 10–15 cm otaczające stek wnętrzości (okrężnica) są usuwane przez przyssawkę przy nożu lub próżniowo. Wnętrzości wokół steku nie mogą być uszkodzone, gdyż grozi to zanieczyszczeniem treścią przewodu pokarmowego. W podobny sposób działają linie w pełni

automatyczne, przy czym w nowoczesnych rozwiązaniach stek może być również usuwany przy użyciu urządzenia wygarniającego. Operację, podobnie jak większość zautomatyzowanych czynności patroszalniczych, wykonuje się na urządzeniu karuzelowym napędzanym przez przenośnik linii patroszenia, wykorzystując połowę koła (tzn. 180°C), czyli tzw. „koło zwrotne”.

Kolejną operacją jest otwarcie powłok brzusznych, umożliwiające przeprowadzenie patroszenia. Klasycznie wykonywane jest cięcie pomiędzy kloaką a końcem mostka. Czynność ta, od dawna zmechanizowana na liniach uboju, wykonywana jest na unieruchomionej tuszce z zastosowaniem noża osadzonego w dźwigni zakończonej kulką. Nowsze rozwiązanie to urządzenie typu nożycowego, które zapewnia rozcięcie jamy ciała bez uszkodzenia skóry części piersiowej lub stosowane w niektórych krajach cięcie krzyżowe, umożliwiające pozostawienie większej ilości tłuszczu sadełkowego przy tuszce [64]. Kolejną operacją na linii uboju jest patroszenie, polegające na wyjęciu wnętrza z jamy ciała przy użyciu specjalnego wybieraka (łyżki), wykonującego ruch przypominający ręczne wygarnianie ośrodka. Wybierak składa się z części nieruchomej wprowadzanej do wnętrza tuszki wzdłuż części grzbietowej lub piersiowej i ruchomej części, która zaczepia wnętrze, tj. przewód pokarmowy wraz z płucami, a następnie razem z nimi wycofuje się z tuszki, wygarniając je na zewnątrz. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie łyżki wygarniającej w kształcie dwóch widelców połączonych w części dolnej (rys. 9.10).



Rys. 9.10. Schemat działania łyżki patroszalniczej [64]

Łyżka zagłębia się w tuszce do poziomu żołądka, w dalszej kolejności następuje zsuniecie obu części łyżki, przytrzymanie za żołądek i proces wygarniania ośrodka. Są dwie możliwości wyjęcia ośrodka z pozostawieniem go na części grzbietowej w formie zwisającego pakietu, co umożliwia przeprowadzenie badania weterynaryjnego lub ośrodek jest oddzielany od tuszki i transportowany do stanowiska kontroli weterynaryjnej.



Wnętrznosci, najczęściej z elementu zaczepiającego, przenoszone są na specjalną linię kierującą go do stanowiska badania weterynaryjnego. Możliwe jest również podczenie ośrodka przez łapy umieszczone na kole współpracującym z patroszarką i rzrut na transporter tackowy. Przenośnik transportera jest zsynchronizowany z przenośnikiem strzemiem linii patroszenia, co umożliwi równoległe prowadzenie tuszki i ośrodka do stanowiska badania weterynaryjnego. Linie przenoszące ośrodek oraz tuszki po patroszeniu (lub transporter z tackami) zbiegają się przy stanowisku kontroli weterynaryjnej, gdzie przeprowadza się oględziny tuszki i odpowiadającego jej ośrodka. W przypadku uznania drobiu za zdatny do spożycia (wykaz jednostek chorobowych podano w rozdz. 1) ośrodek zostaje podzielony metodą ręczną lub mechaniczną na jadalne i niejadalne artykuły uboju. Gdy przeprowadza się ręczny rozbiór pakietu wnętrznosci, oddzielane są w pierwszym rzędzie podroby, tj. serce, wątroba i żołądek mięśniowy. Pozostała część wnętrznosci jest zrzucana do koryta patroszalniczego lub na przenośnik w przypadku pneumatycznej zbiórki ubocznych niejadalnych artykułów uboju przy zastosowaniu urządzeń podciśnieniowych. Serce oddzielane jest od ośrodka nożyczkami, po rozłączeniu z osierdziem zrzucane do koryta transportującego do schładzalnika podrobów, wątroba też jest najczęściej odcinana (trzeba uważać, żeby nie uszkodzić woreczka żółciowego i nie spowodować rozlania żółci, co jest dość powszechną wadą obserwowaną na liniach, gdzie ośrodek pozostaje przy tuszce).

W systemach zmechanizowanych ośrodek jest ręcznie lub automatycznie układany na transporterze grzebieniowym, zawieszony w odpowiedniej szczelinie za żołądek, a wątroba i serce znajdują się po dwóch stronach szczeliny. W dalszej kolejności zespół obejmujący serce i płuca zostaje odcięty jednym nożem a wątroba drugim. Rozdział serc i płuc odbywa się na zasadzie flotacji w urządzeniu wypełnionym wodą wyposażonym w przenośnik (płuca unoszą się na powierzchni wody). System może być półautomatyczny z ręcznym układaniem ośrodka lub w pełni automatyczny, tj. z mechanicznym układaniem pakietu w systemie rozdzielającym. Pełna automatyzacja procesu pozyskiwania podrobów niesie za sobą zwiększenie stopnia uszkodzenia tych cennych ubocznych artykułów uboju drobiu, np. przy użyciu systemów półautomatycznych uzyskuje się blisko 100% wątrób nieuszkodzonych, a w systemie automatycznym ilość uszkodzeń może sięgać powyżej 20% [64].

Stosowany jest także inny system podziału podrobów, tj. po usunięciu żołądka ośrodek jest tak układany na specjalnym przenośniku ze szczeliną, tak że serce i wątroba znajdują się powyżej szczeliny a jelita poniżej. Podroby są odcinane i pompą podrobów przekazywane do zbiornika. Żołądek mięśniowy jest odcinany od gruczołowego i w urządzeniu automatycznie rozcinany, rozchylany, przepłukiwany w celu usunięcia treści pokarmowej oraz usuwany jest zrogowaciały naskórek metodą częściowo mechaniczną przy użyciu urządzenia, w skład którego wchodzi dwa przeciwbieżne wałki z rowkowaniem ściągające naskórek. Czynność ta wykonywana zazwyczaj ręcznie (pracownik dociska rozcięty żołądek do wałków) może być już aktualnie wykonywana automatycznie. Podroby po odcięciu i oczyszczeniu są schładzane immersyjnie w wodzie z lodem lub tylko płukane, a następnie po ociekaniu pakowane w opakowania jednostkowe i mrożone lub kierowane do sprzedaży w formie schłodzonej. Jak podano wyżej, w większości systemów patroszenia wraz z ośrodkiem usuwa się płuca, często jednak są one lub ich resztki wyciągane przy użyciu pistoletów (końcówek) próżniowych służących do ostatecznego doczyszczania wnętrza tuszek [63].

Osobną operacją jest usuwanie wola i przełyku przy wykorzystaniu urządzenia (trzcienia) wykonującego ruch obrotowy i posiadającego zaczep umożliwiający zakręcenie przełyku wokół jego osi po wsunięciu urządzenia do wnętrza tuszki. W celu ułatwienia wolowania dokonuje się uprzednio nacięcia skóry szyi.

Rozwiązania dotyczące oddzielania głowy ptaków (często razem z tchawicą) różnią się znacznie na poszczególnych liniach patroszenia. Właściwie głowa powinna być przy tuszce w trakcie przeprowadzania inspekcji sanitarnej, ale często utrudnia to patroszenie i głowa jest usuwana w pierwszych fazach tego procesu lub nawet na odcinku uboju. Głowę usuwa się w urządzeniach karuzelowych lub mechanicznie w zwięzających się prowadnicach w kształcie litery V przez oderwanie w wyniku naciągu pomiędzy strzemiionami linii patroszenia a prowadnicą utrzymującą głowę ptaka. Ostatnimi operacjami na odcinku patroszenia jest mycie zewnętrzne i wewnętrzne tuszek metodą natryskową w specjalnym urządzeniu. Urządzenie to jest wyposażone w dysze wysokociśnieniowe, myjące szczególnie wnętrze tuszki w celu usunięcia wszelkich pozostałości, jak również skrzepów krwi. W czasie pracy urządzenia zmienia się pozycja tuszek, co umożliwia wprowadzenie dysz, mycie i usuwanie wody przez otwór w powłokach brzusznych, jak również w okolicy szyi po usunięciu wola i przełyku. Mycie zewnętrzne jest prowadzone w ten sposób, że myta jest górna a potem dolna część tuszki. W niektórych krajach wolno stosować dodatek podchlorynu w ilości do 20 mg/kg wody służącej do natrysku, co w istotnym stopniu poprawia stan sanitarny drobiu [4].

### 9.1.6. Schładzanie

W przypadku uboju i obróbki poubojowej drobiu najistotniejsze z uwagi na higienę procesu jest szybkie schłodzenie tuszek do temperatury poniżej 5°C, uwzględniające głębokie partie mięśni. **Stosowane są trzy zasadnicze metody schładzania:**

- **immersyjna (zanurzeniowa) wodna,**
- **powietrzna,**
- **mieszana powietrzna z rozpylaną wodą (mgłą) lub natryskiem.**

Wybór metody jest uwarunkowany przepisami prawa, skutecznością, preferencjami konsumentów. Najszybszy oraz najefektywniejszy ze względu na wymianę ciepła jest system schładzania zanurzeniowego. Praktycznie stosowane są systemy dwóch lub trzech wanien, w których kurczęta przemieszcza się do przodu z użyciem ślimakowego przenośnika lub mieszadeł w przeciwną stronę do wody przepływającej od końca schładzalnika. W pierwszej, zazwyczaj dłuższej sekcji prowadzi się wychłodzenie wodą o temperaturze nie wyższej niż 16°C (czas schładzania jest ograniczony w krajach UE do maksimum 30 min), w drugiej wodą z lodem łuskowym o temperaturze nie wyższej niż 4°C [12]. Urządzenia do schładzania wodnego (tzw. spin chiller – nazwa wynika z użycia obrotowego przenośnika ślimakowego) są często wyposażone w podłączenia sprężonego powietrza w celu mieszania zawartości schładzalnika i zwiększania współczynnika przenikania ciepła oraz w urządzenia dozujące lód łuskowy i ewentualnie, jeśli jest to dopuszczone przepisami prawa, podchloryn sodu (stosowany w celu poprawy higieny procesu) (rys. 9.11).

Minimalne wskaźniki zużycia wody w schładzaniu zanurzeniowym według przepisów prawnych UE podano w tabeli 9.1.



Rys. 9.11. Schładzalnik immersyjny (spin chiller) [64]

Tabela. 9.1  
Wymagania ilościowe i jakościowe zużycia wody w procesie schładzania immersyjnego (za [15])

Masa tuszki Operacja	≤2,5 kg	2,5÷5,0 kg	≥5,0 kg
Wstępny natrysk – woda (dm <sup>3</sup> )	1,5	2,5	3,5
Zużycie wody w procesie schładzania	2,5	4,0	6,0
Zużycie wody/łodu w ostatnim zbiorniku (temp. 4°C)	1,0	1,5	2,0

W schładzalniku zanurzeniowym stosuje się zasadę przeciwprądu, tzn. tuszki są przemieszczane przeciwnie do kierunku przepływu wody.

Schładzanie tuszek drobiowych metodą zanurzeniową w wodzie z lodem oprócz podanych wyżej zalet powoduje [4, 66] ujednoczenie i rozjaśnienie barwy tuszek (zapobieganie przebarwieniom skóry szczególnie po oparzeniu w temperaturach powyżej 55°C), oraz, co bardzo istotne dla producentów, przyrost masy tuszek powodujący zwiększenie wydajności poubojowej.

**Do wad metody immersyjnej zalicza się przede wszystkim:**

- powstawanie wycieków w procesach pakowania i dystrybucji drobiu,
- absorpcję przez tuszki tzw. „wody obcej” ze schładzalnika i potrzebę przeprowadzenia procesu ociekania,
- ograniczoną trwałość produktu w przypadku dystrybucji drobiu w stanie schłodzonym,
- możliwość występowania krzyżowych zakażeń mikrobiologicznych.

Jednak zasadniczym ujemnym aspektem tej metody jest bardzo duże zużycie wody (pitnej) sięgające do 6 dm<sup>3</sup>/szt. w zależności od masy ciała ptaka, szczególnie w krajach, które muszą spełniać wymagania prawa UE (tab. 9.1). Państwa UE mogą nadal korzystać ze schładzania metodą immersyjną świeżego mięsa drobiowego przeznaczonego na lokalny rynek krajowy lub do zamrażania [12]. Przepisy te przewidują m.in., że tuszki po wypatroszeniu przeznaczone do schładzania metodą immersyjną muszą być dokładnie umyte od strony zewnętrznej i wewnętrznej, a zużycie wody w tej operacji sięga do

3,5 dm<sup>3</sup>/szt. Nieodłączną operacją towarzyszącą schładzaniu zanurzeniowemu jest ociekanie mające na celu zmniejszenie retencji wody obcej. Stosowane są praktycznie dwa rozwiązania – podwieszanie tuszek często jednopunktowe lub dwupunktowe na specjalne linie ociekania, zazwyczaj za skrzydła w celu umożliwienia wypływu wody z jamy ciała (otworem patroszalniczym ku dołowi) lub z użyciem rotacyjnych separatorów cylindrycznych z perforowanej blachy stalowej albo prętów. W tym systemie ociekanie zostaje skrócone i nie ma konieczności przewieszania drobiu na strzemiona. Metoda budzi jednak poważne zastrzeżenia higieniczne, gdyż w wyniku kontaktu wszystkich tuszek z separatorem dochodzi do zakażeń krzyżowych.

W procesie ociekania nie usuwa się całej ilości wody wchłoniętej w schładzaniu i stanowi ona wraz z wodą wchłoniętą w całym procesie obróbki poubojowej tzw. wodę obcą zatrzymaną (retencja), której zawartość w mięsie drobiu jest limitowana przepisami europejskimi. Metody oznaczania wody wchłoniętej w procesach obróbki poubojowej i schładzania zostały opisane w rozdziale 11.

Drugi z podstawowych systemów wychładzania, tj. w powietrzu metodą owiewową powoduje nasilenie przebarwień skóry tuszki i wad zewnętrznych, proces jest dłuższy, gdyż trwa w przypadku kurcząt brojlerów nawet ponad 2 godz., chociaż w przypadku nowoczesnych wysoko wydajnych urządzeń może być skrócony do 45 minut. Sprzyja temu zastosowanie specjalnego ustawienia tuszek na strzemionach oraz kąt nawiewu powietrza (przejście przez wewnętrzną patroszoną tuszki). Aby zmniejszyć ususzkę wywołaną intensywnym przepływem powietrza, stosuje się powietrze o wysokim stopniu wilgotności względnej lub nawilżanie tuszek. Typowy tunel chłodniczy zawiera w sobie przenośnik podwieszany w formie wielopoziomowej kolejki (rys. 9.12).



Rys. 9.12. Tunel schładzania owiewowego [64]

W celu uzyskania szybkiego schłodzenia należy zastosować szybki przepływ powietrza do 4 m/s z użyciem wydajnych wentylatorów. Koszty schładzania owiewowego są wyższe niż immersyjnego, gdyż nakład energetyczny jest wyższy, brak jest retencji wody obcej, a strata przez parowanie wody z tuszek sięga nieco powyżej 1%. Jednak ze względu na jakość drobiu i wysoki standard higieny metoda dominuje w Europie, a w całym świecie wypiera schładzanie immersyjne. Przede wszystkim po schładzaniu owiewowym nie występują wycieki, bardzo negatywnie odbierane przez konsumentów, szczególnie w opakowaniach jednostkowych (tacki) i zmniejsza się zagrożenie mikrobiologiczne. Zasadnicza przewaga metody owiewowej nad immersyjną polega także na wyeliminowaniu zużycia wody.

System mieszany jest kombinacją metody owiewowej z natryskiem wody lub woda jest rozproszona w formie mgły. Umożliwia on zmniejszenie ilości użytej wody oraz występowania wycieków w porównaniu do schładzania zanurzeniowego. W metodzie tej na zawieszonych tuszkach działa strumień zimnego powietrza o temp. od 1 do 3°C i szybkości przepływu ok. 1 m/s, skierowany od góry do dołu lub odwrotnie i równocześnie okresowy natrysk wodny za pomocą dysz rozpylających. Zużycie wody sięga ok. 1 dm<sup>3</sup> na jedną tuszkę, po ok. 60 minutach tuszki osiągają temp. ok. 5°C [66]. Zwilżanie powierzchni tuszek wodą podczas schładzania zapobiega stratom masy, co daje wyższy wskaźnik wydajności produkcyjnej tuszek w porównaniu z metodą schładzania samym powietrzem. Dzięki zwilżeniu skóry nie dochodzi do przebarwień naskórka, nawet w przypadku występowania miejscowych oparzeń. Jeśli natrysk jest prowadzony od początku schładzania, występuje parowanie wody z powierzchni ciepłych tuszek związane z pobieraniem ciepła (ang. *evaporative chilling*), co powoduje skrócenie czasu wychładzania. Jest to metoda zapewniająca wyższy standard higieniczny w porównaniu z metodą immersyjną, nie następuje również nadmierne wchłanianie wody obcej przez tuszki. Z tego względu metoda ta jest powszechnie zalecana, zwłaszcza do drobiu świeżego – schładzanego. Czas schładzania metodą kombinowaną w porównaniu z immersyjną jest prawie o 30% dłuższy, ale zużycie wody ulega zmniejszeniu o 2 dm<sup>3</sup>/szt. Gotowy produkt nie wykazuje wycieków i ma atrakcyjny dla konsumenta wygląd, przede wszystkim charakteryzuje się lepszą jakością mikrobiologiczną. W Polsce badania nad systemem schładzania owiewowo-natryskowym prowadzono przez wiele lat w Centralnym Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Drobiarstwa (COBRD) w Poznaniu [66].

Obecnie w przemyśle stosowane są różne systemy chłodzenia powietrznego i powietrzno-natryskowego. Najczęściej wychładzanie prowadzi się systemem jednofazowym w tunelu z kolejką podwieszoną przenośnika linii chłodzenia (po uprzednim przewieszaniu z linii patroszenia przy użyciu urządzenia analogicznego do rozwiązań stosowanych przy przewieszaniu tuszek z linii uboju na linie patroszenia). Linia chłodzenia (przenośnik) jest zbudowana na 2–3 poziomach (pełne wykorzystanie całkowitej objętości tunelu). Temperatura powietrza wynosi ok. 0°C, a ususzka sięga 1% masy kurcząt. Przy zastosowaniu natrysku prowadzonego tylko na najniższym poziomie kolejki przenośnika przyrost masy kurcząt po całym procesie schładzania (do 2 godz.) wynosi ok. 1%. W systemie dwufazowym stosowany jest tunel wychładzania wstępnego z jednopoziomowym przenośnikiem, często z aerozolowym rozpraszaniem wody (mgła), co sprzyja szybkiej wymianie ciepła, ale również, w temperaturach powyżej 10°C, absorpcji wody poprzez pory skóry. Wstępne chłodzenie prowadzi się do uzyskania temperatury tuszki 15–18°C w mięśniu piersiowym przez ok. 45 min., proces właściwego obniżania temperatury toczy się w drugim tunelu

do uzyskania finalnej temperatury (maksimum 4°C) w głębokich partiach mięśni przez ok. 75 minut. Łączny czas chłodzenia 2-fazowego wynosi około 2 godzin bez ubytku masy drobiu. Nowoczesną formą chłodzenia jest system 3-fazowy związany z kształtowaniem korzystnej kruchości mięsa drobiu. W systemie tym stosuje się trzeci tunel (3 faza schładzania), w którym tuszki przebywają dodatkowo przez ok. 1 godz. w warunkach chłodniczych, co zapewnia zakończenie procesów przyspieszonego dojrzewania (łącznie ok. 3 godz.) drobiu poddanego elektrostymulacji [52]. Drób ten jest kierowany bezpośrednio do dzielenia na elementy kulinarne. Jeśli nie stosuje się elektrostymulacji oraz trójfazowego systemu wychładzania, to w celu zapewnienia pożądanej kruchości mięsa kulinarnego, a szczególnie fileta piersiowego, wymagane jest 4–8-godzinne dojrzewanie w temp. 0–4°C.

Przed skierowaniem drobiu do pakowania lub podziału na kawałki czy rozbioru dokonywana jest klasyfikacja jakościowa (zasady podano w rozdz. 9.2) metodą wizualną przez przeszkolonych pracowników. Na automatycznych liniach nie zdejmuje się tuszek niższej klasy jakościowej ze strzemia, tylko wciska odpowiednią płytkę, wprowadzając jednocześnie informację o masie danej tuszki do systemu informatycznego.

**Klasyfikacja jakościowa** jest dokonywana przez przeszkolonych pracowników, ale w coraz większym stopniu wdrażane są tu systemy automatyczne i informatyczne. Największy postęp dokonał się w metodach oceny ilościowej, tj. indywidualnego ważenia i tarowania tuszek oraz elementów na liniach pakowania i podziału tuszek, dystrybucji indywidualnych tuszek i elementów w wielostanowiskowych halach do opakowań transportowych (partie 10 lub 15 kg), ale także w metodach klasyfikacji jakościowej. Spośród wielu podejmowanych prób użycia metod ultradźwiękowych, rezonansu magnetycznego, tomografii komputerowej i innych najkorzystniejszą techniką okazała się komputerowa analiza obrazu (tzw. technika VIA) [54]. Wynika to stąd, że podstawowe odchylenia jakościowe są związane z powierzchniowymi zmianami barwy skóry (zaczerwienienia, plamy, złamania itp., jak również występowanie pęcherzy lub rozerwań skóry). Jak dotychczas systemy te znalazły głównie zastosowanie w ocenie jakościowej tuszek indyków, a przemysł drobiarski jest w przededniu wdrożenia tych systemów do praktyki.

**Osobnym problemem jest także ocena mięsności ptaków**, a szczególnie indyków [37]. Ze względu na szybkość linii ubojowych metody oceny mięsności z użyciem sond (jak w ocenie półtuszy wieprzowych) jak dotąd nie znalazły zastosowania. Podobnie jak w ocenie jakości powierzchni tuszek największe zastosowanie do oceny mięsności będzie miała metoda analizy obrazu VIA, gdyż udział mięśni dobrze koreluje z niektórymi wskaźnikami geometrycznymi związanymi z częścią piersiową tuszek. Dużo trudniejsze jest poszukiwanie instrumentalnych metod oceny przydatności technologicznej mięsa drobiu do przetwórstwa i odchyłań jakościowych, co opisano w rozdziale 9.4.

System rozliczeń zakładu drobiarskiego obejmuje zapis i analizę danych dotyczących charakterystyki żywca (uwzględniający liczbę sztuk padłych DOA i konfiskaty) – łączną masę drobiu, ilości sztuk, wskaźnik średnich mas. W dalszej kolejności masę indywidualną tuszek po obróbce poubojowej oraz łączną masę partii, co umożliwi obliczenie wskaźników wydajności rzeźnej [1]. Wskaźnik ten może być wyliczony w oparciu o stosunek masy tuszki patroszonej (pozbawionej pierza, krwi, organów wewnętrznych, głowy, wola, przełyku, płuc, tchawicy) do masy żywca:

$$Wp\% = \frac{\Sigma \text{masa tuszek patroszonych po wychłodzeniu}}{\Sigma \text{masa żywca}} \cdot 100\% \quad (1)$$

lub w przemyśle z uwzględnieniem:

$$Wpp\% = \frac{\Sigma \text{masa tuszek po wychłodzeniu}}{\Sigma \text{masa żywca} - \Sigma \text{masy DOA i konfiskat}} \cdot 100\% \quad (2)$$

W literaturze [66] spotyka się też **wskaźnik wydajności poubojowej** uwzględniający masę tuszek i podrobów w stosunku do masy żywca oraz wydajności dysekcyjnej jako stosunek masy mięśni, skóry i tłuszczu do masy tuszki. Pierwszy ze współczynników wydajności rzeźnej (1) jest niższy, a jego poziom jest zależny, oprócz warunków hodowlanych i żywienia, od następujących czynników:

- **zestawu towarowego drobiu,**
- **warunków wychowu i żywienia,**
- **wieku i płci,**
- **systemu obróbki poubojowej,**
- **metody wychłodzenia drobiu.**

Przyjmując za standard ubój 6-tygodniowych kurcząt brojlerów, w tabeli 9.2 podano wskaźniki uzysku niejadalnych i jadalnych artykułów uboju, a w tabeli 9.3 – wskaźniki wydajności rzeźnej według danych literaturowych, jak również uzyskiwanych w Polsce w badaniach oraz praktyce przemysłowej.

Tabela 9.2

Wskaźniki uzysku ubocznych jadalnych i niejadalnych artykułów uboju kurcząt

Uboczne niejadalne artykuły uboju	Udział procentowy w masie żywca (%)
Krew	3,3*
Pierze	5,5
Jelita , przełyk, worek, płuca (tzw. odpady miękkie)	8,1
Łapy	4,5
Głowy (ewentualnie z tchawicą)	2,9
Razem łapy i głowy (tzw. odpady twarde)	7,4
Razem tzw. odpady użyteczne	24,5
Treść jelit i żołądków (tzw. odpady nieużyteczne)	1,3
Uboczne jadalne artykuły uboju (podroby)	
Wątroba	2,2
Serce	0,7
Żołądki	1,7
Podroby razem	4,6

\* wartości średnie z danych [1, 43], masa żywca ok. 2 kg, występują wahania wskaźników w zależności od masy ciała do 1 – 2% dla pierza i krwi, jelit 0,2% stanowią konfiskaty

Wartości te, jak widać, wahają się w szerokich zakresach, a zasadnicze znaczenie ma czynnik genetyczny [20]. Drugim istotnym czynnikiem jest podawany wcześniej wpływ ilości wody wchłoniętej w czasie wychładzania immersyjnego, która może podnosić wydajność rzeźną nawet o ok. 4% w stosunku do systemu schładzania powietrznego.

Tabela 9.3

Wskaźniki wydajności dysekcyjnej i rzeźnej kurcząt brojlerów w wieku 6 tygodni w zależności od krzyżówki towarowej (%)

Genotyp	Tuszki	Mięśnie piersiowe	Tłuszcz sadełkowy
Hubbard <sup>1</sup>	71,9	17,3	1,1
Lohmann <sup>2</sup>	71,2	17,0	0,6
Hubbard <sup>3</sup>	73,2	18,3	0,7
Cobb 500 <sup>4</sup>	72,5	17,4	0,8
Shaer Stabro <sup>5</sup>	71,7	18,1	0,7
ISA 215 <sup>6</sup>	73,0	17,5	0,7
Cobb <sup>7</sup>	73,2	16,6	-
Nieznany <sup>8</sup>	71,9	15,5	2,4

1 – 6 – wskaźnik wydajności rzeźnej określony w warunkach uboju kontrolnego

7 – 8 – wskaźnik wydajności rzeźnej w warunkach przemysłowych

2, 3, 4, 5, 6 za [23], 1 za [22], 7 za [1], 8 za [32].

Inne niż kurczęta brojlery gatunku drobiu różnią się wydajnością rzeźną, indyki poddawane ubojowi w wieku 12–14 tygodni osiągają wydajność rzędu 78–80%, natomiast niższą drób wodny, tj. szczególnie gęsi, których wydajność oscyluje w granicach 58–63%, wyższą zaś kaczki, szczególnie mulardy od 63 do 73% [19, 21].

### 9.1.7. Podział i rozbiór tuszek drobiu

Tradycyjnie przeprowadzany był rozbiór ręczny tuszek na podstawowe elementy, takie jak: skrzydła (cięcie na wysokości stawu barkowego), nogi (ponad stawem biodrowym, półokrągło, przez podbrzusze z pozostawieniem skóry na części piersiowej) oraz ich ewentualny podział na udo i podudzie w stawie kolanowym, pierś z kością i skórą przez odcięcie kości kruczych i obojczykowych, a także filet przez odcięcie mięśnia piersiowego, poczynając od części dolnej przy końcu grzebienia mostka, następnie jego oderwanie z mięśniem głębokim (lub ewentualne ręczne odcięcie od przyczepów do żeber). W wyniku tak przeprowadzonego rozbioru pozostaje część grzbietowa z szyją. Częściowa mechanizacja rozbioru polega na zastosowaniu specjalnej linii, przesuwającej się z szybkością umożliwiającą przeprowadzenie rozbioru na strzemionach. Tuszki zostają podwieszane w pozycji pionowej na odpowiedniej wysokości, a rozbiór jest prowadzony ręcznie przez stojących pracowników. Kolejność rozbioru jest podobna jak przy podziale ręcznym – najpierw oddzielanie skrzydeł, następnie mięśni piersiowych i nóg. Bardziej pracochłonne operacje są wykonywane przez dwóch pracowników. Przyspieszenie rozbioru – szczególnie większych ptaków, głównie indyków – ma miejsce przy zastosowaniu systemu z taśmą rozbiorową lub stołów obrotowych wyposażonych w urządzenie do nakładania tuszki. Pracownicy dokonujący rozbioru są ustawieni wokół taśmy lub stołu, a tuszki nałożone na specjalne stożki przesuwały się wraz z taśmą lub następuje obrót stożków z tuszkami na stole i zmiana stanowisk, na których dokonuje się poszczególnych operacji.

**Nowoczesny rozbiór tuszek drobiu na elementy (kawalki) kulinarne** odbywa się praktycznie na liniach mechanicznych o różnym stopniu automatyzacji. Tuszki są zawieszane za dwie nogi na strzemiona linii o specjalnej konstrukcji, cechującej się między innymi tym, że są bardzo dobrze wyważone (ze środkiem ciężkości w środku strzemiona). Stosuje się różne rozwiązania, np. jako pierwsza operacja rozcięcie tuszki na połówkę



przednią i tylną. Następnie rozcięcie połówki tylnej na dwie ćwiartki (tylna z nogą) i oddzielenie całego mięśnia piersiowego (fileta) z przedniej. Może też być realizowany wariant z odcięciem nóg, a dopiero później następuje dalszy podział tuszki. Urządzenia odcinające nogi ustawiają staw biodrowy, rozchylają i wykonują cięcie bez uszkodzenia główek kości, co zapobiega powstawaniu odłamków [63]. W innym zestawieniu dokonuje się oddzielenia kupra (w pozycji tuszki równoległej do przenośnika), potem członów skrzydeł o najmniejszej przydatności kulinarnej i przetwórczej, następnie reszty skrzydeł (ewentualnie z drugim członem). Kolejną operacją jest odcięcie mostka (wraz z mięśniami piersiowymi i skórą), który opada na taśmę przenośnika, jest ważony i zrzucany na określone stanowisko. W dalszej kolejności odcinana jest część grzbietowa połówki przedniej, a potem następuje rozcięcie połówki tylnej oraz oddzielenie fragmentu części grzbietowej od nogi i podział tego elementu z użyciem tzw. automatycznego rozcinacza nóg w stawie kolanowym i przecięcie ukośnie ustawionym nożem tarczowym [65]. Linie do dzielenia drobiu są zestawiane modułowo, co umożliwi elastyczne ich dopasowanie do różnych potrzeb pozyskiwania różnych elementów – niezależne urządzenia umieszczone są na stelażach z możliwością regulacji wysokości ich ustawienia, jak również regulacji istotnych elementów urządzeń, takich jak noże tnące (obrotowe noże tarczowe) czy amortyzatory. Moduły: odcinacz kupra, odcinanie skrzydeł (cięcie przez staw barkowy z pozostawianiem przy skrzydle maksymalnej ilości mięsa z grzbietu a minimum mięśnia piersiowego) – jak i wersje z odcięciem ostatniego i drugiego członu skrzydła, fileciarka do zdejmowania mięśnia piersiowego z wykorzystaniem koła zrywającego lub odcinacz przedniej połówki (z zachowaniem całości mięśni piersiowych – cięcie ukośne) mogą być ustawione dowolnie. Cechą specyficzną linii rozbioru jest możliwość mechanicznego przestawienia ustawień strzemion na poprzeczne lub równoległe w stosunku do przenośnika linii. W zaawansowanych rozwiązaniach następuje automatyczne przewieszanie drobiu z linii schładzania powietrznego na linie rozbioru, połączone z ważeniem tuszek (dane wprowadzane są do jednostki centralnej systemu i stanowią podstawę monitorowania procesu podziału i rozbioru). Moduły poszczególnych operacji są tak ustawione, że istnieje możliwość przeprowadzenia danej czynności lub odchylenie tuszek w czasie przejścia i ominięcie stanowiska (tzw. *by pass*). Nowoczesne linie posiadają system detekcji tuszek o nietypowej masie lub uszkodzonych, np. z jedną nogą, które są wyczepiane na podstawie oceny masy lub niewyważenia strzemiona [64].

Jedną z zasadniczych operacji rozbioru jest pozyskiwanie zespołu mięśni piersiowych (filet – mięsień piersiowy powierzchniowy i połówiczka – mięsień piersiowy głęboki). Najkorzystniejsze do uzyskania wysokiej wydajności mięśni jest stosowanie rozbioru ręcznego, który ponadto prowadzi do zachowania wysokiej jakości tego najcenniejszego elementu kulinarnego mięsa drobiu. Jednak względy wysokiej pracochłonności w krajach rozwiniętych oraz poprawy higieny skłaniają do coraz powszechniejszego stosowania rozbioru mechanicznego. Wykorzystuje się tzw. fileciarki współpracujące bezpośrednio z linią rozbiorową (urządzenie jest zasilane ręcznie lub mechanicznie), a jego działanie obejmuje następujące operacje: mostek z mięśniami piersiowymi i skórą jest nakładany na tzw. czop, następnie skóra jest ściągana przy użyciu dwóch przeciwbieżnych frezów ściągających o podobnym działaniu jak w urządzeniu do doczyszczania żołądków. W dalszej kolejności stempel w kształcie litery V odcina obojczyk, a nóż łopatkowy podcina filet od strony końca grzebienia mostka, filet jest odrywany w kolejnej operacji [52].

Pozyskiwanie mięśni nóg może dotyczyć łącznego odkostnienia zespołu mięśni uda i podudzia bądź jest prowadzone oddzielnie obu tych elementów. Odkostnianie (uda i podudzia) odbywa się automatycznie, odcięte nogi są automatycznie zawieszane na linii rozbioru nóg, wyposażone w specjalne strzemiona o dużym rozstawie, co umożliwia prowadzenie w sposób niezakłócony operacji na każdej z podwieszonych nóg. Pierwszą operacją przy rozbiórce całych nóg jest usuwanie skóry przy użyciu specjalnych taśm dociskowych po uprzednim ustawieniu nóg w odpowiedniej pozycji. W dalszej kolejności przeprowadza się odcięcie reszty stawu skokowego wraz ze ścięgnami i przyczepami mięśni podudzia, następnie przy użyciu tłoka mięso z nóg jest usuwane w wyniku wyciskania kości.

W systemach odkostniania mięśni nóg (z rozdzielonych elementów uda i podudzia) stosowane są dwa zasadnicze rozwiązania ściągania mięśni przez stalowe noże – przy utrzymywaniu elementu w wyniku docisku na główkę kości oraz bardziej rozpowszechniony – z przeciskaniem uda, podudzia lub całej nogi przez otwory w gumowych membranach. W wyniku tego procesu przy podawaniu ręcznym lub mechanicznym elementów (np. tłokowym) kość jest przeciskana na drugą stronę membrany, a mięśnie pozostają po stronie operatora. W przypadku obróbki podudzia w specjalnej podjednostce podcinane są ścięgna na wysokość ok. 30 mm od goleni. Potem podudzie jest ustawiane częścią kolanową prostopadle do membrany i przeciskane. W przypadku obróbki całej nogi w zespole mięśni pozostaje chrząstka kolanowa, która musi być usuwana ręcznie poprzez wycinanie nożycami [64].

**Najnowszą technologią w zakresie wykrawania mięsa jest cięcie strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem 40–400 MPa**, wykorzystywana także do cięcia mrożonych bloków mięsnych – szybkość strumienia wypływającego z dyszy wynosi 900 m/s [14]. W przemyśle drobiarskim metoda służy do cięcia mięśni na fragmenty o różnych kształtach. Sposób ten stwarza możliwości uzyskania każdego podziału mięsa, ponieważ tworzenie linii podziału i sterowanie dyszą odbywa się komputerowo na podstawie obrazu uzyskanego z kamery cyfrowej [4].

**W nowoczesnych systemach rozbioru i podziału drobiu istnieje konieczność monitorowania jednostkowych operacji** w zakresie wydajności i strat rozbiorowych, w tym kontroli poszczególnych pracowników w systemach mieszanych, tj. rozbioru ręcznego z mechanicznym przesuwem taśm roboczych. Dotyczy to szczególnie obróbki najcenniejszych mięśni, w tym filetu piersiowego. Każdy z pracowników linii rozbiorowej ma swój numer i jest identyfikowany na podstawie numeru stanowiska. Operator na każdym ze stanowisk może być zasilany surowcem w zależności od swojej wydajności; możliwe jest określenie masy, wydajności i udziału wszystkich elementów pozyskanych od każdego z pracowników z linii rozbioru. Tak więc, system pozwala określić szczegółową charakterystykę wszystkich operacji jednostkowych rozbioru drobiu. Po rozbiórce pracownik rozdziela mięso z kością (lub kości), mięso wytrybowane bez kości, filet piersiowy, okrawki itd. do poszczególnych rynienek, są one następnie transportowane przenośnikiem taśmowym do urządzenia wagowego weryfikującego i zapisującego masę indywidualnie dla danego stanowiska. Dane te są wprowadzane do systemu rozliczenia. Systemy takie umożliwiają poprawę wydajności rozbioru o 2–3% oraz wyeliminowanie pojemników rozbiorowych, co ułatwia proces i obniża ilość powierzchni zajętej przez rozbiór, ponadto jest możliwe prowadzenie różnych form rozbioru w tym samym czasie [64]. Przykładowe wskaźniki udziału elementów w wybranych rodzajach drobiu podano w tabeli 9.4.

Tabela 9.4

Wskaźnik pozyskania elementów z rozbioru tuszek drobiu (%)

Elementy	Kurczęta	Indyki	Kury
Filet piersiowy	22,4*	28,9	19,9
Nogi	30,2	29	39,4
Skrzydła	10,7	4,5	9,7
Grzbiet	20,2	19	24,2

\* Wartości średnie na podstawie [24] oraz danych uzyskanych z zakładów polskiego przemysłu drobiarskiego.

**Czas rozbioru ma zasadnicze znaczenie w odniesieniu do wydajności mięśnia piersiowego po wykrawaniu.** Do 2 godzin *post mortem* wydajność jest o ponad 3% wyższa niż w przypadku oddzielenia filetu po ½ doby przechowywania chłodniczego. Czynnikiem ograniczającym rozwój metod rozbioru na ciepło jest obniżenie kruchości mięsa, spowodowane m.in. zjawiskiem skurczu chłodniczego (patrz rozdz. 11). Jedną z możliwości przyspieszenia procesu technologicznego i dokonywania szybkiego rozbioru drobiu „na ciepło” bez obniżenia kruchości jest zastosowanie elektrostymulacji (ES). ES może być zastosowana przed lub po oparzeniu. Przed zastosowaniem ES wykrawianie musi być zakończone, gdyż działanie impulsów elektrycznych może wpływać na akcję serca. Przy opracowaniu warunków elektrostymulacji należy wziąć pod uwagę opór tuszki po wykrawianiu, który wynosi 1 000–1 500 omów. Systemy ES mogą być podzielone na niski i wysokoprądowe. W systemie o niskim natężeniu prądu pulsującego 0–200 mA przez 1–10 min następuje przyspieszenie kontrakcji i *rigor mortis*, ale nie w stopniu, który pozwala na całkowite wyeliminowanie dojrzewania (tj. umożliwiającym rozbiór tuszek bezpośrednio po wychładzaniu). Sposób ten znalazł zastosowanie przemysłowe, ale tylko w połączeniu z innymi technikami, takimi jak kondycjonowanie w podwyższonych temperaturach lub wydłużone wychładzanie immersyjne. Inny system polega na użyciu prądu o wyższym natężeniu, tj. 350–500 mA pulsującego przy zastosowaniu 5–7 impulsów (łącznie przez 15–20 s). Powoduje to tak silną kontrakcję, że oprócz przyspieszenia rozkładu ATP dochodzi do fizycznych zmian struktury mięśni. Ten drugi czynnik decyduje o wysokiej kruchości mięsa. System umożliwia rozbiór tuszek i pozyskanie mięsa kulinarnego w 1,5 do 2 godz. *post mortem* i stosuje się go w USA i Brazylii [53]. Mechanizm działania ES w mięsie drobiu jest nieco inny niż w mięsie dużych zwierząt rzeźnych i zależy od częstotliwości prądu zmiennego, przy czym największą fragmentację miofibrili w metodzie „wysokoprądowej” obserwowano w zakresie 50–60 Hz. W odróżnieniu od stymulującego wpływu ES na aktywność wszystkich kalpain u dużych zwierząt rzeźnych zastosowanie w mięsie drobiu wysokonapięciowej ES obniża lub utrzymuje aktywność *m* kalpains na określonym poziomie, może natomiast zwiększać aktywność  $\mu$  kalpains. Chociaż elektrostymulacja jest prowadzona głównie na mięśniach indyków, wysoko napięciowa ES poprawia kruchość mięsa piersiowego kurcząt po wychładzaniu, a jej skuteczność jest związana z czasem i techniką wychładzania. Dodatkowym efektem zastosowania ES jest poprawa wyrównania kruchości w partii drobiu [16]. Przemysłowe urządzenia do ES zawierają płytę lub taśmę dotykającą głowy albo zewnętrznej części piersi. Elementy te oraz strzemiona są uziemione.

**Podstawową formą pakowania mięsa drobiu w formie tuszek i elementów (kawalków) są opakowania jednostkowe.** Do pakowania tuszek stosuje się woreczki foliowe oraz bardziej rozpowszechnione – układanie na tacach polistyrenowych i zawijanie

folią stretch (tzn. kurczącą się mechanicznie). Używa się tacek o różnej wielkości, umożliwiając dowolne zestawianie drobiu w opakowaniu jednostkowym. Podobne tacki stosowane są do pakowania elementów mięsa drobiowego, w tym mięsa bez kości, tj. filetów i sznycli piersiowych [6, 56]. Zazwyczaj w opakowaniach z tacką i folią typu stretch umieszcza się wkłady higroskopijne wchłaniające nadmiar wilgoci w postaci kondensatu lub wycieku. W przypadku zamrażania drobiu wodnego wykorzystuje się woreczki termokurczliwe, przeznaczone do pakowania drobiu, z ewakuacją powietrza. Po włożeniu odpowiednio uformowanej tuszki, indywidualnie, ewakuuje się z woreczka powietrze, a następnie klipsuje, w dalszej kolejności obkurcza w gorącym powietrzu lub parze w temp. ok. 90°C.

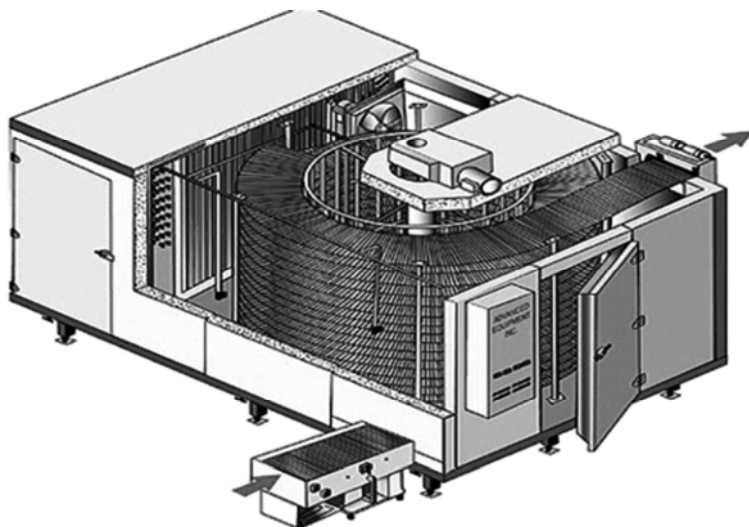
**Jedną z form utrwalenia drobiu jest zamrażanie** realizowane techniką owiewową w powietrzu lub immersyjnie w cieczach o niskim punkcie zamarzania. Ta pierwsza technika dominuje w krajowym przemyśle. Ze względu na małe wartości współczynników wnikania ciepła przy stosowaniu powietrza jako czynnika chłodzącego proces zamrażania jest długi i pochłania duże ilości energii, dlatego że konieczna jest intensyfikacja ruchu powietrza wymuszona przez wentylatory. Z uwagi na ewentualne ubytki w czasie zamrażania sięgające do 3% masy oraz pogorszenie jakości szczególnie powierzchni tuszek przed zamrażaniem są one opakowane w worki z folii kurczliwych (drób wodny) lub polietylenowe i klipsowane [22]. Szczegółowe technologie zamrażania i ich wpływ na jakość tuszek podano w rozdziale 11.

**Klasycznie proces zamrażania owiewowego jest przeprowadzany w tunelach** o kształcie wydłużonej komory prostopadłościennej wyposażonej w stelaże do umieszczania kartonów lub skrzynek z drobiem osłonkowanym. W przypadku zamrażania w kartonach z otworami w ściankach bocznych należy je ustawić w kierunku strumienia powietrza. Stosuje się dużą prędkość powietrza rzędu 4–6 m/s i temp. ok. -35°C. Z uwagi na poprawę współczynników wnikania ciepła w starych rozwiązaniach drób był mrożony w ażurowych skrzyniach metalowych, a następnie przepakowywany do kartonów. Na potrzeby zamrażania drobiu w kartonach opracowano również konstrukcje, w których za pomocą siłowników hydraulicznych lub mechanicznych kartony są ustawiane na półkach podnoszonych i przesuwanych stelaży. Stelaż po wypełnieniu wszystkich półek przesuwany jest do strefy zamrażania, a kolejny stelaż wypełniany nowymi kartonami.

**Nowoczesnym rozwiązaniem jest stosowanie zamrażarek taśmowych spiralnych.** Kartony z mięsem drobiu są umieszczane na taśmie ułożonej na spiralnym ruszcie a napędzanej przez obrotowy bęben znajdujący się na zewnątrz. Zamrażany produkt przesuwa się po linii spiralnej ku górze zamrażarki, po czym taśmą jest wyprowadzany na zewnątrz zamrażarki. Obieg powietrza jest równoległy do skoku spiralnego rusztu lub prostopadły [62]. Istnieją również rozwiązania aparatów zamrażalniczych spiralnych, ślizgowych z jednym rusztem stałym i ruchomym, który łączy się z centralnym bębniem obrotowym, jednak to rozwiązanie jest skomplikowane technicznie, a ruch kartonów odbywa się dzięki podnoszeniu przez ruszt ruchomy, a następnie wykonywaniu wraz z nim ruchu obrotowego w przód (rys. 9.13).

Tuszki drobiu opakowane w folię PE lub kurczliwą po odpowiednim uformowaniu i osłonkowane przy użyciu specjalnych lejów są klipsowane i zamrażane metodą owiewową, często w otwartych kartonach w temp. -40°C w ciągu 3–4 godz. lub w kartonach zamkniętych w tunelach dostosowanych do tej formy opakowań zbiorczych o wydajności ok. 5 ton/godzinę. Mięśnie piersiowe lub żywność wygodną w formie płaskich produktów

(hamburgery, kotlety) zamraża się w aparatach kontaktowych o działaniu ciągłym, najczęściej taśmowych, gdzie taśma ze stali kwasoodpornej jest chłodzona od dołu przez natrysk cieczy, np. glikolu; zamrożony produkt zdejmuje się przy zagięciu taśmy na bębnie przez specjalny nóż. Do mrożenia żywności wygodnej stosowane są także tunele zamrażalnicze, spiralne z taśmą łańcuchową.



Rys. 9.13. Tunel zamrażalniczy spiralny [62]

W niektórych krajach stosuje się zamrażanie immersyjne w przechłodzonych cieczach (roztwory soli lub glikolu) o temp. ok.  $-30^{\circ}\text{C}$ . W tym wypadku konieczne jest szczelne osłonkowanie tuszek (najczęściej próżniowe) w celu zapobiegania kontaktowi z cieczą chłodzącą oraz zapewnienie jak największego wnikania zimna. Zamrażanie immersyjne jest często pierwszą fazą procesu, po której następuje zamrażanie owiewowe [22].

## 9.2. Charakterystyka mięsa drobiu – wymagania ogólne, tuszki, elementy, klasy jakościowe

Zasady poprawnego przeprowadzenia procesów uboju i poubojowej obróbki drobiu zestawiono w **Kodeksie praktyki higienicznej przetwarzania drobiu** (Code of hygienic practice for poultry processing), stanowiącym część **Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO Codex Alimentarius** (CAC/RCP – 1976).

Do zaleceń kodeksu nawiązywała Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich 92/116 w sprawie zagadnień zdrowotnych w obrocie handlowym świeżym mięsem drobiu [12], zastąpiona Rozporządzeniem (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającym szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego [10]. Wymagania dotyczące warunków technicznych zakładów prowadzących ubój i rozbiór mięsa drobiu oraz rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych precyzują Rozpo-

rzządzenia WE 852 i 853/2004 [9, 10]. Pomieszczenia w zakładach przetwórstwa drobiu powinny umożliwiać stosowanie się do zasad GHP (ang. Good Hygiene Practice). Wspomniany system obejmuje wymagania konstrukcyjno-budowlane obiektów produkcyjnych i zakładu:

- wykonanie zarówno podłóg, jak i ścian z materiałów łatwych do czyszczenia i w miarę potrzeby do dezynfekcji;
- wykorzystywanie materiałów charakteryzujących się nieprzepuszczalnością pary wodnej i brakiem toksyczności oraz niewykazujących zdolności do pochłaniania wilgoci i zapachów;
- konstrukcję podłogi umożliwiającą odwodnienie jej powierzchni poprzez zamontowanie rynien odwadniających i zastosowanie odpowiedniego kąta nachylenia powierzchni;
- zaprojektowanie sufitu oraz wewnętrznej części dachu wraz ze wszystkimi jego częściami konstrukcyjnymi w sposób uniemożliwiający gromadzenie się zarówno zanieczyszczeń, jak i skraplanie kondensatu, a co za tym idzie wzrost pleśni;
- otwieranie otworów okiennych w miarę możliwości na zewnątrz, a konstrukcja wnęk powinna uniemożliwić gromadzenie się zanieczyszczeń;
- wyposażenie otworów okiennych w siatki insektowe, które są łatwo demontowane w celu łatwego utrzymania czystości;
- wykonanie skrzydeł drzwi z gładkich powierzchni, które charakteryzuje brak pochłaniania, co umożliwia łatwe utrzymanie czystości i w miarę potrzeby dezynfekcję.

W obrębie stanowisk, w których pracuje się z żywnością, konieczny jest dobór odpowiedniego wyposażenia technologicznego i technicznego:

- powierzchnie pozostające w bezpośrednim kontakcie z żywnością muszą być łatwe do czyszczenia i w miarę potrzeby do dezynfekcji;
- utrzymanie odpowiedniego standardu higieny wymaga stosowania powierzchni gładkich, odpornych na korozję oraz nietoksycznych.

Do prawidłowego funkcjonowania zakładu uboju należy przewidzieć następujące pomieszczenia:

- pomieszczenie lub zadaszoną powierzchnię do odbioru zwierząt oraz do badania poprzedzającego ubój,
- wydzielone miejsce z urządzeniami umożliwiającymi mycie i dezynfekcję zarówno środków transportu, jak i pojedynczych klatek lub baterii.

Zakład uboju drobiu zobowiązany jest wprowadzać do swych pomieszczeń wyłącznie żywe zwierzęta przeznaczone do uboju, z wykluczeniem drobiu patroszonego z opóźnieniem do celów wytwarzania *foie gras* i drobiu patroszonego systemem New York (patroszenie przeprowadzone w terminie do 15 dni od dnia przeprowadzenia uboju), przy czym mięso takie przechowuje się w temperaturze nie wyższej niż 4°C. Po badaniu i wypatroszeniu tuszki należy bezzwłocznie schłodzić do temperatury nie wyższej niż 4°C. Jeżeli zakład posiada system schładzania immersyjnego, należy zachować szczególną ostrożność, aby zapobiec zanieczyszczeniu tuszek. Ponadto należy uwzględnić takie parametry, jak temperatura wody, objętość i kierunek przepływu wody oraz czas chłodzenia. Zakład uboju drobiu powinien mieć wystarczającą liczbę pomieszczeń właściwych do wykonywania

poszczególnych czynności, a w szczególności do przeprowadzenia procesu oształomienia i wykrwawienia oraz skubania i ekspedycji mięsa.

Zakład powinien być podzielony modułowo w celu zapewnienia oddzielnego sektora patroszenia tuszek wraz z dalszą obróbką łącznie z wydzieleniem magazynu przypraw, w tym korzennych dodawanych do całych tuszek drobiu.

Linie uboju powinny gwarantować stały postęp uboju, uniemożliwiający dopuszczenie do występowania zakażeń krzyżowych. Podczas konstrukcji hal uboju należy zapewnić infrastrukturę doprowadzającą środki dezynfekcyjne wraz z urządzeniami dozującymi i rozprowadzającymi oraz dopływ gorącej wody o temperaturze nie niższej niż 82°C. Ponadto w bezpośrednim sąsiedztwie stanowisk pracy z mięsem niepakowanym trzeba usytuować bezdotykowe umywalki, umożliwiające uruchomienie wody fotokomórką lub stopą (ewentualnie kolaniem). W obrębie zakładu wyodrębnione powinny być zarówno pomieszczenia zaopatrzone w agregaty chłodnicze dla wyrobu gotowego, jak i dla mięsa zgłoszonego jako niezdatne do spożycia przez ludzi oraz pomieszczenie z odpowiednim wyposażeniem do wyłącznego użytku służb weterynaryjnych.

Zakłady drobiarskie zobowiązane są do zapewnienia podczas procesu trybowania, porcjowania i krojenia, pakowania jednostkowego lub zbiorczego – temperatury otoczenia nie wyższej niż 12°C, umożliwiającej zachowanie temperatury mięsa nie przekraczającej 4°C.

Prawo unijne [8, 10] wprowadza szereg definicji będących również podstawą krajowych przepisów prawnych dotyczących mięsa drobiu [51].

Mięso drobiu to wszystkie zdatne do spożycia przez ludzi elementy pozyskane z ptaków domowych następujących gatunków: kura, indyk, gęś, perliczka, kaczka, w tym typu pekin oraz piźmowa, a także ich krzyżówka mulard. Niedopuszczone do spożycia przez ludzi są: głowa odcięta od ciała z wyjątkiem języka, tchawica, płuca, przełyk, wole, jelita i pęcherzyk żółciowy.

Warunkiem uznania mięsa drobiu za zdatne do spożycia jest przeprowadzenie badania poubojowego. Wszystkie części ubitego drobiu są uważane za niezdatne do spożycia przez ludzi, jeżeli podczas badania mięsa stwierdzono: śmierć spowodowaną inną przyczyną niż ubój, ogólne zanieczyszczenie, obszerne obrażenia i obszerne krwawe wybroczyny, zmiany barwy, zapachu i smaku, procesy zepsucia, odchylenia konsystencji, znaczne wychudzenie, wodnistość, wodobrzusze, żółtaczkę, choroby zakaźne: aspergilozę, toksoplazmozę, znaczne porażenie pasożytami pod skórą lub w mięśniach, liczne złośliwe guzy nowotworowe, leukozę lub zatrucie.

Ponadto jako niezdatne do spożycia przez ludzi uznaje się te części ubitego drobiu, które posiadają lokalne uszkodzenia nie wpływające na przydatność do spożycia pozostałego mięsa.

Wśród asortymentów wyróżnia się mięso drobiowe (świeże), które nie zostało poddane żadnej obróbce z wyjątkiem schłodzenia albo zamrożenia, również opakowane pod próżnią lub w kontrolowanej atmosferze i może być wprowadzane do obrotu w postaci tuszek, podrobów lub elementów.

**Tuszka** to ciało ptaka po wykrwawieniu, oskubaniu i wypatroszeniu; ewentualnym usunięciu serca, wątroby, płuc, żołądka, wola i nerek oraz odcięciu łap w stawie skokowym i głowy (bez podrobów albo z podrobami umieszczonymi wewnątrz tuszki).

Tuszka drobiowa może zostać podzielona metodą ręczną lub mechaniczną na elementy. W powyższym zestawieniu podano nazwy elementów lub wg tłumaczenia na język polski dokumentów prawnych Unii Europejskiej dokonanych przed przystąpieniem do UE

„kawałków” wg różnych aktów prawnych, w tym również UE oraz norm [8, 43, 44, 46, 51]. Termin „kawałki” przyjęto także w różnych aktach krajowych, w tym w Polskiej Klasyfikacji Wyrobów i Usług [42]:

A) elementy ze skórą:

- połówki uzyskane przez proste cięcie podłużne wzdłuż mostka i kręgosłupa;
- część przednia tuszki uzyskana w wyniku cięcia przebiegającego poprzecznie do osi kręgosłupa;
- ćwiartki tylne (część tylna) w całości (w jednym kawałku), połączone częścią grzbietu;
- ćwiartki tylne lub przednie uzyskane przez poprzeczne cięcie połówki, w tym:
  - ćwiartka przednia zawierająca mięśnie piersiowe ze skórą przylegające do kośćca oraz skrzydło,
  - ćwiartka tylna zawierająca udo i podudzie ze skórą oraz połowę miednicy i grzbietu wraz z mięśniami i skórą.

B) elementy ze skórą lub bez skóry:

- pierś (dawna nazwa pierś z kością), obejmującą mostek z przylegającymi żebrami lub ich częścią, włącznie z przynależnymi mięśniami (element może występować w postaci całej piersi lub połowy);
- noga, obejmującą kość udową, piszczelową i strzałkową włącznie z przylegającymi mięśniami i skórą;
- noga kurczęcia z częścią grzbietu, przy czym masa przylegającej części grzbietu nie może wynosić więcej niż 25% masy nogi kurczęcia z częścią grzbietu;
- udo, w skład którego wchodzi kość udowa włącznie z przylegającymi mięśniami;
- podudzie (pałkę), w skład którego wchodzi kość piszczelowa i kość strzałkowa włącznie z przylegającymi mięśniami i skórą;
- skrzydło składające się z kości ramieniowej lub kości promieniowej i kości łokciowej włącznie z przylegającymi mięśniami, z ewentualnie usuniętą końcówką skrzydła lub kością śródreżca;
- dwa skrzydła w całości (w jednym kawałku), połączone częścią grzbietu, którego masa wynosi nie więcej niż 45% całkowitej masy elementu;
- filet z piersi – będący całą lub połową piersi bez mostka i żeber, przy czym filet z piersi indyczej składa się również z mięśnia piersiowego głębokiego – element ze skórą jest określany jako pierś bez kości;
- polędwiczka – mięsień piersiowy głęboki, oddzielony od mięśnia piersiowego powierzchniowego;
- sznyceł – plaster mięsa drobiowego otrzymany przez poprzeczne cięcie mięśnia piersiowego tuszki;
- filet z piersi z obojczykiem będący filetem z piersi lub jego połową, bez skóry, z obojczykiem i chrząstką mostka, przy czym masa kości obojczykowej i chrząstki mostka stanowią nie więcej niż 3% całkowitej masy filetu z piersi z obojczykiem;
- magret będący filetem z piersi gęsi lub kaczek piżmowych, albo kaczek mulard, ze skórą i tłuszczem podskórnym okrywającym mięsień piersiowy, bez mięśnia piersiowego głębokiego.



W skład podrobów wchodzi: serce, szyja (jeśli jest oddzielona od tuszki), żołądek mięśniowy, wątroba i wszystkie inne jadalne części tuszek drobiowych niebędących ich elementami. Szczególnym przypadkiem jest tzw. stłuszczona wątroba uzyskana w wyniku przymusowego tuczu gęsi i kaczek, przeznaczona do produkcji *foie gras* – specjalnej grupy delikatesowych pasztetów, np. strasburskiego.

Wyróżnia się następujące **rodzaje tuszek drobiowych** w zależności od techniki patroszenia oraz pozostawienia podrobów:

- **częściowo patroszone z sercem, wątrobą, płucami, żołądkiem mięśniowym, wolem i nerkami,**
- **patroszone z podrobami umieszczonymi w ich wnętrzu,**
- **patroszone bez podrobów.**

Poza podrobami ubocznymi jadalnymi artykułami uboju drobiu są surowce tłuszczowe. Wyróżnia się następujące **rodzaje tłuszczu drobiowego** [43]:

- **tłuszcz sadełkowy, otrzewnowy – tłuszcz drobiowy występujący w postaci złożeń na ściankach ciała w okolicy brzusznej,**
- **tłuszcz okołożołądkowy – tłuszcz drobiowy surowy występujący w postaci złożeń na zewnętrznej powierzchni żołądka mięśniowego,**
- **tłuszcz okołojelitowy, krezkowy – tłuszcz drobiowy surowy występujący w postaci złożeń pomiędzy splotami jelita cienkiego.**

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady EWG NR 1906/90 [13] dotyczącym norm handlowych mięsa drobiowego wyróżnia się 3 stany termiczne mięsa:

- schłodzone (niezamrożone), do temperatury nie niższej niż  $-2^{\circ}\text{C}$  i nie wyższej niż  $4^{\circ}\text{C}$ ,
- zamrożone i utrzymywane w temperaturze nie wyższej niż  $-12^{\circ}\text{C}$ ,
- głęboko zamrożone do temperatury nie wyższej niż  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Dopuszcza się krótkotrwałe podwyższenie temperatur (Rozporządzenie Komisji EWG 1538/91 [8]) nie więcej niż o:

- $2^{\circ}\text{C}$  – w sprzedaży bezpośredniej mięsa schłodzonego,
- $3^{\circ}\text{C}$  – podczas transportu oraz czynności przeładunkowych mięsa drobiowego zamrożonego lub głęboko zamrożonego.

Mięso drobiowe jest wprowadzone do obrotu w opakowaniu jednostkowym, które może zawierać jedną tuszkę drobiową lub te same elementy jednej albo wielu tuszek drobiowych jednego gatunku drobiu. Na wszystkich opakowaniach jednostkowych podaje się masę wyrobu oznaczoną jako „masa nominalna”.

Opakowanie jednostkowe zawierające mięso drobiowe, którego rzeczywista masa, po uwzględnieniu dopuszczalnego odchylenia ujemnego, jest mniejsza niż masa nominalna, uznaje się za wadliwe. Jeśli odchylenie ujemne określonej masy nominalnej jest większe niż dwukrotnie dopuszczalne, uznawane jest to za wadę i produkt nie może być wprowadzony do obrotu.

Niektóre asortymenty mięsa drobiu są poddawane tzw. taryfikacji, czyli podziałowi na klasy wagowe.

Zamrożone i głęboko zamrożone mięso drobiowe w opakowaniach jednostkowych klasyfikuje się według kategorii wagowych:

w przypadku tuszek drobiowych o masie:

- mniejszej niż 1 100 g – na kategorie wagowe co 50 g,
- od 1 100 do 2 400 g – na kategorie wagowe co 100 g,
- od 2 400 – na kategorie wagowe co 200 g;

w przypadku elementów tuszek drobiowych o masie:

- mniejszej niż 1 100 g – na kategorii wagowej co 50 g,
- powyżej 1 100 g – na kategorii wagowej co 100 g.

**W ramach klasyfikacji jakościowej mięsa drobiu ocenia się:**

- **otłuszczenie** – stopień nagromadzenia się tłuszczu zapasowego w tuszce drobiowej;
- **umięśnienie** – stopień obłożenia szkieletu tkanką mięśniową w tuszce drobiowej;
- **oskubanie** – skuteczność usunięcia upierzenia, w tym obecność pozostałości pałek i piór włosowatych;
- **stopień wykrwawienia** – skuteczność usunięcia krwi, w tym szczególnie z końcówek kończyn.

Tuszki drobiowe i elementy tuszek drobiowych powinny być [51]:

- kompletne – w zależności od form ich przygotowania;
- czyste, pozbawione widocznych substancji obcych, zabrudzeń i krwi;
- bez obcego zapachu;
- pozbawione widocznych plam krwistych, chyba że plamy te są nieznaczne;
- bez wystających złamań kości;
- bez silnych stłuczeń.

Wymagania jakościowe dotyczące podrobów są następujące [45]:

- Wątroba powinna występować w formie podwójnych lub pojedynczych płatów bez zanieczyszczeń i skrzepów krwi, dopuszcza się pojedyncze części płatów o wielkości nie mniejszej niż połowa płata. Wymagane jest całkowite usunięcie woreczka żółciowego wraz ze skrawkiem zazieleniałej wątroby. Wymagana jest barwa beżowa do brązowo-wiśniowej.
- Żołądek mięśniowy musi być oczyszczony z treści pokarmowej i pozbawiony rogowatego nabłonka, z odciętym tuż przy mięśniu żołądkiem gruczołowym i dwunastnicą. Barwa na przekroju mięśni powinna być jasnoczerwona do ciemnoczerwonej, niedopuszczalna zielonkawa, powierzchnia wewnętrzna ma być pokryta jasnobeżową śluzówką.
- Serce z osierdziem lub pozbawione osierdzia i pni naczyń krwionośnych, bez skrzepów krwi. Barwa może być od jasnoczerwonej do wiśniowo-czerwonej w zależności od umięśnienia, udziału tkanki tłuszczowej oraz obecności uszkodzeń.

Jakość handlowa tuszek drobiowych i elementów (z wyjątkiem tuszek drobiowych i elementów przeznaczonych do zakładów rozbioru lub przetwórstwa mięsa drobiowego) jest oceniana w dwóch klasach: A i B [51]. Do klasy A jakości handlowej tuszek drobiowych i elementów tuszek drobiowych zaliczane są tuszki i elementy, które mają:

- pełne umięśnienie, pierś dobrze rozwiniętą, szeroką, długą i umięśnioną, nogi umięśnione;
- w zakresie wymagań dotyczących otłuszczenia w przypadku kurcząt, młodych kaczek tuczonych oraz indyków – pierś, grzbiet i nogi powinny być pokryte cienką, równomierną warstwą tłuszczu, natomiast u kur rosołowych, kaczek dorosłych, młodych gęsi tuczonych dopuszcza się grubszą warstwę tłuszczu, w przypadku gęsi dorosłych równomiernie rozmieszczona, średnio gruba lub gruba warstwa tłuszczowa powinna całkowicie okrywać korpus.

- w zakresie wymagań dotyczących oskubania – na piersi, nogach, tułowiu, stawach skokowych i końcach skrzydeł mogą występować pojedyncze pióra, pałki lub pióra włosowate (filopluma), a w przypadku kur rosołowych, dorosłych kaczek, indyków i gęsi resztki piór także na innych częściach tuszki.

**Tuszki i elementy klasy A nie powinny wykazywać uszkodzeń, stłuczeń i przebarwień**, przy czym dopuszcza się: lekkie uszkodzenia, stłuczenia i przebarwienia, jeżeli są niewielkie i nie znajdują się na piersi lub nogach. Dopuszcza się także brak końcówek skrzydeł oraz lekkie zaczerwienienie końcówek skrzydeł i torebki stawowej.

**Mięso drobiowe zamrożone i głęboko zamrożone nie może mieć oparzelin mroźowych**, tj. nieznaczego lub obszerneho, nieodwracalnego wysuszenia skóry albo mięśni, które charakteryzuje się zmianą początkowej barwy (przeważnie rozjaśnienie) lub smaku i zapachu (bez smaku lub smak zjełczały), względnie konsystencji (sucha, gumowata), chyba że oparzeliny te są przypadkowe, niewielkie i nie znajdują się na piersiach lub nogach.

Do klasy B jakości handlowej tuszek drobiowych i elementów tuszek drobiowych zalicza się tuszki drobiowe i elementy tuszek drobiowych niespełniające wymagań klasy A. Ilość wadliwych tuszek lub elementów w dostawie w klasie B może być dwukrotnie większa niż w klasie A. Dopuszczalne odchylenia masy wynoszą 2,5–4% w zależności od masy tuszki lub elementu. Dopuszczalna liczba wadliwych wyrobów jednostkowych, w ramach danej partii mięsa drobiowego (tego samego rodzaju i asortymentu), klasy jakości handlowej, pochodzącego z tej samej rzeźni lub zakładu przetwórczego, jest podana w tabeli 9.5.

Tabela 9.5

Wymagania jakościowe w ocenie mięsa drobiu (liczba wad) [55]

Liczba tuszek	Maksymalna liczba wad	
	Klasa A	Klasa B
100–500	5	10
500–3200	7	14
powyżej 3200	10	20

Według przepisów europejskich określa się również maksymalną absorpcję wody technologicznej, określaną też mianem wody obcej w zamrożonych lub głęboko zamrożonych tuszkach kurcząt [8, 9].

Mięso drobiowe wprowadzone na rynek w opakowaniu jednostkowym (patrz rozdz. 9.1) powinno być oznakowane [3, 50]. W oznakowaniu powinny być podane:

- nazwa wyrobu, w tym należy podać gatunek drobiu;
- klasa jakości handlowej, np. klasa A mięsa drobiu;
- data minimalnej trwałości – w przypadku mięsa drobiowego mrożonego lub termin przydatności do spożycia w odniesieniu do świeżego mięsa drobiowego;
- warunki przechowywania – co najmniej należy podać temperaturę przechowywania;
- identyfikacja producenta.

Zgodnie z prawem europejskim [8] producenci mogą oznaczyć na etykietach opakowań zbiorczych rodzaj chowu drobiu, używając następujących określeń:

- żywione z udziałem – % składnika,
- ekstensywny chów ściółkowy,
- chów z wolnym wybiegiem,
- tradycyjny chów z wolnym wybiegiem,
- chów z wolnym wybiegiem – bez ograniczeń.

Klasyfikacja wagowa i jakościowa tuszek i elementów jest dokonywana w różny sposób w różnych krajach, np. w klasyfikacji jakościowej stosowanej w krajach Unii Europejskiej wyróżnia się 2 klasy a w USA 3 [60]. Jednakże bez względu na zróżnicowany system klasyfikacji stosowane są te same lub zbliżone kryteria. Tym niemniej należy podkreślić ogólnikowy charakter niektórych wyróżników jakościowych wg klasyfikacji europejskiej, a tym samym obecnie również krajowej.

Ocena jakościowa i klasyfikacja mięsa drobiu w USA jest szczegółowsza niż w krajach europejskich. Zarówno tuszki, jak i elementy drobiu grzebiącego i wodnego są klasyfikowane wg 3 klas jakościowych A, B, C. Tuszki klasy A charakteryzują się prawidłową budową, w klasie B dopuszczane są umiarkowane zniekształcenia. W klasie C mogą wystąpić znaczne zniekształcenia, dotyczące kształtu wynikającego z odchyień budowy kośćca.

W klasie A i B na rynku amerykańskim wymagane jest dobre lub dostateczne odfuszczenie szczególnie piersi i nóg, podczas gdy w Europie dotyczy to tylko klasy A. Inną różnicą jest szczegółowe określenie wielkości oraz ilości piór pozostałych na tuszce lub elementach po skubaniu w zależności od gatunku drobiu. Liczba wad w klasie B jest o 50% większa niż w klasie A, a w klasie C o 100%. Szczegółowo są także określone dopuszczalne wielkości uszkodzeń skóry i przebarwień, i to w zależności od masy tuszki lub elementu.

Podstawowe wymagania w klasie A według przepisów amerykańskiego Ministerstwa Rolnictwa są następujące:

- budowa – bez deformacji kości lub wad umięśnienia obniżających ocenę wyglądu, dopuszczone są lekko zakrzywione lub wgniecione kości mostka i grzbietu;
- umięśnienie – tuszki są pokryte równomiernie mięśniami, warstwa mięśni na piersi pokrywa grzebień mostka na całej jego długości, nogi dobrze pokryte mięśniami są umiarkowanie grube i szerokie w kolanach i stawach biodrowych, okrągłe od stawu skokowego do biodrowego; skrzydła są pokryte mięśniami dobrze lub umiarkowanie;
- odfuszczenie – tuszki są dobrze pokryte warstwą tłuszczu podskórnego, równomiernie rozłożoną, nie występują zauważalne ilości tłuszczu na powierzchniach pomiędzy piórami;
- oskubane tuszki lub elementy nie powinny zawierać piór, szczególnie na piersiach i nogach;
- odbarwienia skóry i powierzchni tuszki (a także powierzchni elementów bez skóry) mogą być nieznaczne, niezmniejszające zasadniczo wyglądu produktu;
- niedopuszczalne są wskaźniki niecałkowitego wykrwawienia poza zaczerwienieniami wokół torebek piór, a także oznaki złego wykrwawienia na piersiach i nogach oprócz okolicy stawów skokowych; niedopuszczalne są skrzepy krwi;

- uszkodzenia kośćca – nie mogą występować otwarte złamania, jak również złamania kości (przesunięcia), w klasie A dopuszcza się jedno zwichnięcie stawu;
- uszkodzenia skóry – dopuszcza się uszkodzenia wynikające z cięć rozbiorowych, rozerwania skóry lub braku skóry, przy czym łączna powierzchnia lub długość uszkodzeń musi się mieścić w określonych tolerancjach.

### 9.3. Wpływ obróbki poubojowej na jakość i stan sanitarny mięsa drobiu

**Wady jakościowe drobiu** powstające w trakcie postępowania przedubojowego i obróbki poubojowej dotyczą głównie uszkodzeń:

- **układu kostnego – złamania, zwichnięcia;**
- **mięśni kurcząt – sińce, wylewy, wybroczyny;**
- **skóry kurcząt – rozerwania, ubytki;**

a ich zestawienie podano w tabeli 9.6.

Tabela 9.6

Wady jakościowe drobiu

Rodzaj wad	Przyczyny
złamania kończyn (przyżyciowe) połączone z wylewami	nieprawidłowe: wyłapywanie drobiu, transport i rozładunek, nieprawidłowe oszałamianie wysokoprądowe
złamania kończyn po uboju	złe ustawienia skubarek (braki palców w urządzeniach skubiących), nieprawidłowe ustawienia urządzeń patroszących, szczególnie patroszarek, wołownic
wybroczyny krwawe w mięśniach	przyczyny żywieniowe, hodowlane, genetyczne, oszałamianie elektryczne wysokonapięciowe
posiniaczenia mięśni	nieprawidłowe czynności przedubojowe, nieuspokojenie drobiu przed oszołomieniem, oszałamianie wysokonapięciowe lub niedostateczne
złe wykrwawienie – rumień „czerwone tuszki”, elementy lub zaczerwienienia części kończyn	niewłaściwe oszałamianie, źle wykonane cięcie ubojowe, zbyt krótkie wykrwawianie
złe skubanie – pozostałości piór, pałki, pióra włosowate	za niska temperatura oparzania, źle ustawione skubarki
otłuszczenia powierzchni tuszki	za wysoka temperatura oparzania, zbyt intensywne skubanie (elementy skubiące za blisko ciała ptaka)
tuszki sine, uszkodzenia skóry bez wylewów	zbyt wysoka temperatura oparzania, zdjęcie naskórka, braki palców skubarek
zalanie skóry żółcią, zanieczyszczenie tuszek treścią pokarmową	zbyt krótkie lub zbyt długie głodzenie ptaków, źle ustawienie stekownicy, źle ustawienie łyżki patroszalniczej
wilgotne lub oślizłe tuszki	za wysoka wilgotność lub temperatura przechowywania

Trudno jest precyzyjnie określić miejsce powstawania uszkodzeń w fazie wylapywania, załadunku, transportu, a następnie rozładunku i zawieszania drobiu na punkcie przyjęcia, a więc przyżyciowo ze skutkiem powstawania m.in. sińców i wylewów przy złamaniach. Podstawowymi wadami jakościowymi drobiu związanymi z operacjami przed ubojem (wylapywanie, transport, rozładunek) są sińce spowodowane stłuczeniami mięśni oraz złamania kończyn. Skala tych wad wynosi od kilku procent dostarczanych ptaków do nawet 20% w przypadku zatrudnienia personelu o niskich kwalifikacjach.

W największym stopniu na ocenę jakościową rzutują zmiany barwy lokalne i na całej powierzchni tuszki lub mięsa związane z różnego rodzaju wadami i uszkodzeniami w trakcie postępowania przedubojowego i obróbki poubojowej. Jeśli stłuczenia oraz złamania miały miejsce przed ubojem i wykrwawianiem (ale także częściowo w czasie oparzania), są związane z zaczerwienieniem poszczególnych elementów lub całych tuszek bądź z występowaniem wylewów przy złamaniach. Jeśli te ostatnie są otwarte, powodują obniżenie jakości całych zespołów mięśni.

**Najczęstsze wady to stłuczenia mięśni** (sińce) występujące na grzbiecie, skrzydłach i nogach. Zsinienia początkowo barwy czerwonej lub niebiesko-czarnej, zielone czy żółte (jeśli miały miejsce przed ubojem) ze względu na produkty rozkładu barwników hemowych związane są z wylewami powstającymi przy uderzeniach drobiu przyżyciowo lub w różnych fazach postępowania przedubojowego, transportu i rozładunku. Istotne znaczenie dla jakości drobiu i częstotliwości występowania stłuczeń mięśni ma technika wylapywania drobiu. W czasie tej operacji powstają sińce na grzbiecie u 3,5% kurcząt, u 1% na piersi, na skrzydłach u ok. 11% i aż u 16,5% kurcząt na nogach. Ten ostatni wskaźnik może być zredukowany 2-krotnie, jeśli zastosowano system mechanicznego zbierania drobiu i załadunku przy użyciu walców z palcami gumowymi [26]. Natomiast praktycznie większość złamań ma miejsce przy załadunku/rozładunku drobiu do klatek, dotyczy to szczególnie skrzydeł. Częstą wadą są złamania obojczyka. Przy niewłaściwym postępowaniu wada ta dotyka nawet do kilkunastu procent dostarczanych do uboju ptaków. **Złamania nóg** z kolei są spowodowane rzucaniem pojemników na przenośniki oraz nieprawidłowym zawieszaniem drobiu na strzemiona. Automatyzacja tych procesów, a szczególnie wyeliminowanie transportu drobiu w indywidualnych klatkach i rozładunku z klatek, obniża ilość złamań (w tym wypadku połączonych z wylewami) o ponad 50%. Dodatkowo zastosowanie oszłamiania gazowego zasadniczo obniża liczbę złamań przyżyciowych do bardzo niskich wartości.

**Wybroczyny** są miejscowymi wylewami w efekcie zniszczenia naczyń krwionośnych w mięsie lub pod skórą, z tym że w ocenie jakościowej drobiu do wady tej zalicza się wszystkie widoczne zmiany barwy wywołane przez krew lub hemoglobinę, związane z uszkodzeniami naczyń wewnętrznych. Występowanie tych wad jest uwarunkowane genetycznie oraz zależy od wychowu, żywienia (np. aflatoksyny w paszy powodują zwiększenie ilości wybroczyn) i sposobu przedubojowego traktowania ptaków, a także obróbki poubojowej.

Obecnie wybroczyny są główną wadą jakościową mięsa drobiu. Podaje się, że nawet do 40% mięśni piersiowych drobiu może mieć obniżoną jakość ze względu na wybroczyny występujące najczęściej w formie drobnych cętek, także w tkance łącznej oraz w tłuszczu wewnątrz- i zewnątrzmięśniowym [27].

Zasadniczą przyczyną powstawania wybroczyn jest selekcja brojlerów w celu zwiększenia masy ciała i jej szybkiego przyrostu. W konsekwencji zdolność wymiany

gazowej ptaków jest mała, powstają też problemy związane z prawidłowym krążeniem i zmianami mięśniowymi. Jednak w największym stopniu przyczyną jest stres przedubojowy i transportowy. W normalnych warunkach (przyżyciowo) w czasie kontrakcji ciśnienie krwi w mięśniach osiąga nawet 200 mm Hg. Jednakże czynniki miogeniczne, hormonalne, neurologiczne i metaboliczne obniżają to ciśnienie. W przypadku stresu, bólu lub szoku elektrycznego układy fizjologiczne nie regulują ciśnienia właściwie i mogą wystąpić lokalne pęknięcia naczyń [25].

Wpływ stresu nie jest również obojętny przy nasilaniu innej wady związanej z procesami obróbki poubojowej, tj. obniżonej kruchości mięśni drobiu wykrawanych z tuszek w krótkim czasie po uboju [2].

### 9.3.1. Oszałamianie, ubój, wykrawianie

Jednoznacznie ustalono, że oszałamianie elektryczne, szczególnie wysokonapięciowe, powoduje wydłużenie czasu wystąpienia *rigor mortis*; w szczególnych przypadkach (prąd ok. 200 mA) nawet do 6 godz. *post mortem*. Natomiast użycie metody niskonapięciowej wpływa na znaczne przyspieszenie *rigor mortis*, co jest związane z uzyskaniem korzystnej kruchości mięsa. Podobnie działa oszałamianie gazowe z zastosowaniem mieszanek z dużym udziałem argonu. Część autorów uważa, że oszałamianie gazowe poprawia właściwości funkcjonalne i technologiczne mięsa drobiu, w tym zdolność utrzymywania wody po obróbce termicznej (tj. soczystość), szczególnie po oszałamianiu w CO<sub>2</sub> [48]. Chociaż oszałamianie elektryczne opóźnia występowanie stężenia poubojowego, to większość badań wskazuje, że nie pogarsza jakości mięsa (kruchości), gdyż po 8 godz. od uboju pH mięsa po oszałamianiu obydwojma metodami jest zbliżone.

Natomiast wysokoprądowe czy napięciowe oszałamianie prądem o niskiej częstotliwości zdecydowanie obniża jakość mięsa przez nasilanie wad związanych z wykrawianiem (ujawniających się również w kolejnych operacjach obróbki poubojowej), ale także z uszkodzeniami kości, tj. złamaniami, pęknięciami, uszkodzeniem organów wewnętrznych itp. wynikającymi z nadmiernych reakcji tonicznych przy porażeniu prądem [4].

Podstawowe wady: rumień po oparzeniu (tj. „czerwone tuszki”), zaczerwienienia lokalne lub tylko regionów peryferyjnych (końców kończyn głównie skrzydeł) związane są z prawidłowym przebiegiem operacji oszałamiania, uboju i wykrawiania. Nieskuteczne oszołomienie, a szczególnie lokalne porażenie prądem (np. mięśni skrzydeł) prowadzi do gwałtownych ruchów ptaka i związanych z tym uszkodzeń mechanicznych oraz stłuczeń mięśni powstających przyżyciowo, a więc połączonych z występowaniem wylewów w mięśniach. Niedostateczne oszołomienie może być przyczyną złego ustawienia głowy ptaka w prowadnicach noża ubojowego (lub nawet istnieje możliwość ominięcia noża ubojowego), które prowadzi do źle przeprowadzonego cięcia i braku uboju lub złego wykrawiania. Istotny dla prawidłowego oszałamiania jest odpowiedni czas pomiędzy zawieszeniem na strzemionie linii uboju a tą operacją, pozwalający na częściowe uspokojenie ptaków usiłujących odzyskać pozycję pionową. Problemów takich nie stwarza system oszałamiania gazowego, jednak należy podkreślić, że metoda gazowa pozbawienia ptaków świadomości powoduje słabsze wykrawianie niż metody elektryczne. Czasem przyczyną niepełnego wykrawiania ujawniającego się po procesie oparzenia jako nieodwracalna wada jakościowa jest zbyt krótki czas wykrawiania, jeśli z przyczyn technicznych przyspieszono ubój (tylko na liniach starszego typu) lub nie dostosowano czasu wykrawiania do gatunku

drobiu na liniach uniwersalnych. Niepełne wykrwawienie powoduje co najmniej nieprawidłową barwę peryferyjnych części tuszki, jak również zanieczyszczenie oparzalnika pozostałościami krwi [16].

Drób docierający do zakładu ubojowego jest mocno zarażony mikroorganizmami, które występują w przewodzie pokarmowym na skórze i między piórami. Ze względu na liczbę ptaków poddawanych ubojowi i stopień jego mechanizacji oraz automatyzacji następują zakażenia krzyżowe. Oszałamianie i ubój nie są zbyt dużym zagrożeniem mikrobiologicznym, ale użycie elektrycznego oszałamiacza wodnego powoduje przyrost zakażenia tuszek, a dodatkowym zabezpieczeniem higienicznym podczas uboju może być natrysk wody chlorowanej (10 mg Cl/l). Wprowadzanie oszałamiania gazowego likwiduje w dużej mierze problem zakażeń krzyżowych w operacjach zawieszania, oszałamiania i uboju [23].

### 9.3.2. Oparzanie

Pośród etapów obróbki poubojowej oparzenie jest krytyczną operacją dla stanu sanitarnego tuszek. Proces prowadzony jest w jednej lub kilku wannach w wodzie o temp. najczęściej 50–63°C. Woda w oparzalniku zawiera ok.  $5 \times 10^4$  mikroorganizmów/cm<sup>3</sup>, co jest, poza okresem początkowym, wartością stałą w czasie dnia pracy. Ponieważ oparzenie kolejnych tuszek powoduje wzrost zakażenia poprzez wymywanie z nich zanieczyszczeń organicznych, konieczny jest dopływ świeżej wody (musi występować nadmiar w czasie całej operacji), aby utrzymać kontaminację na niezbyt wysokim poziomie. Przepływ świeżej wody przyczynia się do zakażeń krzyżowych, co nie jest niebezpieczne, jeśli oparzeniu jest poddawany drób od jednego dostawcy. Całkowita ilość bakterii na skórze ptaków po oparzeniu wynosi zazwyczaj mniej niż  $1 \times 10^4$  /cm<sup>2</sup>. W czasie oparzenia obniża się ilość bakterii psychrotropowych (*Achromobacter*) [4].

W celu poprawy stanu sanitarnego testowano systemy z rozpylaniem wody lub pary (nie sprawdziły się ze względu na dużą prędkość linii ubojowych), z przeciwwądem w pojedynczym zbiorniku (wadą systemu jest wyrównanie zakażenia w całym zbiorniku) oraz wielostopniowy z 2–4 zbiornikami. Zastosowanie ostatniego systemu obniża zakażenie bakteriami tlenowymi o ok. 1 rząd logarytmiczny oraz zanieczyszczeniami organicznymi i nieorganicznymi. Inną możliwością obniżenia zakażenia jest rozpyłowe przemycie tuszek w osobnym zamkniętym pojemniku po oparzeniu wodą o temp. 60°C [7].

Niektóre źródła [4] podają, że trwałość tuszek oparzanych w wysokich temperaturach (powyżej 58°C) jest niższa, co jest związane ze zmianami naskórka i łatwością jego usunięcia w czasie skubania. Półoparzenie w 52°C nie prowadzi do zniszczenia naskórka. Natomiast skóra pozbawiona naskórka jest lepszym środowiskiem do rozwoju bakterii gnilnych, np. *Pseudomonas* lub *Salmonella*, tym bardziej że po oparzeniu wysokim (powyżej 58°C) skóra w celu uniknięcia przebarwień musi być utrzymana w stanie wilgotnym, tj. schładzanie powinno być wodne. Po półoparzeniu w 52–54°C skóra wysycha bez przebarwień i tuszki mogą być schładzane powietrzem. Dodatkowy natrysk tuszek w oparzalniku wielostopniowym, użycie dodatku kwasów organicznych, homogenizacja wody z oparzalnika w celu zniszczenia bakterii to nowe rozwiązania poprawiające higienę procesu. Na przykład obróbka przy ciśnieniu 80 MPa redukuje liczbę enterobakterii o 2 rzędy logarytmiczne [23].

Oparzenie determinuje także barwę powierzchni tuszek oraz występowanie odchyłeń związanych ze złym wykrwawianiem lub jego brakiem (rumień na całej tuszce albo lokalnie bądź tylko zaczerwienienie, szczególnie peryferyjnych części tuszki), co więcej, oparzenie



jest kluczową operacją obróbki poubojowej decydującą o prawidłowym skubaniu, która w nowoczesnych zakładach ubojowych jest monitorowana automatycznie w zakresie temperatury i czasu trwania. Obniżenie jakości tuszek w wyniku nadmiernego oparzenia (tzw. przeoparzenie) i związane z tym usunięcie naskórka, a nawet uszkodzenie ciągłości skóry np. w operacji skubania prowadzące do dyskwalifikacji tuszek, były już omawiane w części 9.1. Skrajnym skutkiem zastosowania zbyt wysokiej temperatury oparzenia jest występowanie tzw. otłuszczenia powierzchni tuszek (szczególnie ptaków starszych o większej warstwie podskórnej tłuszczu i drobiu wodnego) wynikające z wytopienia tłuszczu podskórnego [39]. Przeprowadzenie oparzenia w zbyt wysokiej temperaturze, które prowadzi do niedopuszczalnej, ale powszechnej wady, tj. denaturacji białek powierzchniowej części fileta piersiowego powoduje duże straty ekonomiczne. Równie negatywne są skutki niedoparzenia prowadzące do złego skubania ptaków, przyczyną jest dobranie zbyt niskiej temperatury oparzenia lub – co się zdarza częściej – brak wyrównania temperatury w oparzalniku prowadzący do lokalnych niedoparzeń na ciele ptaka.

### 9.3.3. Skubanie

Jest to kolejna operacja przyczyniająca się do powstawania uszkodzeń mechanicznych zarówno kończyn, jak również powierzchniowych skóry. Użycie mechanicznych skubarek, wiążące się z działaniem dużych sił na tuszkę, prowadzi do złamań kości bez powstawania towarzyszących im wylewów. Bardzo częste są uszkodzenia skrzydeł łącznie z oderwaniem członów (szczególnie ostatniego). Innym rodzajem uszkodzeń jest wspomniane usuwanie naskórka lub nawet zrywanie skóry po oparzeniu wysokotemperaturowym. Przyczyną uszkodzeń mechanicznych są braki palców skubiących w tarczach lub ich nierówne zużycie [57]. Przy dużej sile odśrodkowej działającej na palce umieszczone w tarczy brak pojedynczych elementów skubiących powoduje zrównoważenie sił działających na tuszkę. Traci ona tzw. balans, tj. prawidłowy ruch wahadłowy w czasie skubania, co jest przyczyną uszkodzeń. Wady związane z niedostatecznym skubaniem, tj. pozostawienie piór na najbardziej eksponowanych częściach tuszki – piersiowej i na nogach oraz w większej ilości w miejscach trudno dostępnych dla skubarek (okolice kupra, stawu skokowego, skrzydła, szyja), a także trudnych do usunięcia pałek i piór włosowatych wynikają ze zbyt niskiej temperatury oparzenia oraz nieprawidłowego ustawienia geometrycznego skubarek lub doboru niewłaściwych elementów skubiących (palców). Nadmierne zbliżenie obu części skubarki prowadzi do wyciskania tłuszczu na powierzchnię tuszek, związanego także ze zbyt wysoką temperaturą oparzenia.

Po skubaniu ujawniają się wszystkie wcześniejsze uszkodzenia powstałe w wyniku nieprawidłowych operacji uboju i obróbki poubojowej drobiu, np. stłuczenia (sińce), których częstotliwość występowania na części piersiowej wynosi 42% (przyjmując za 100% całkowitą liczbę tych wad), na nogach 25%, a skrzydłach 33% [16].

Skubanie jest związane z dużym zagrożeniem zakażeniami krzyżowymi. Zakażenie skubarek rośnie w trakcie procesu, ponieważ obrabiany surowiec jest w wysokim stopniu zanieczyszczony, a proces jest prowadzony przy natrysku ciepłej wody. Zużyte lub uszkodzone palce skubarek umożliwiają dostanie się bakterii pod powierzchnię skóry. Szczególnie niebezpieczne jest rozprzestrzenianie się w ten sposób bakterii *Staphylococcus aureus* [36].

Skubarki ze względu na swoją konstrukcję są urządzeniami trudnymi do umycia, dlatego czasami w czasie natrysku stosuje się wodę ciepłą (do 52°C) lub chlorowaną.

Skubanie powoduje obniżenie zakażenia powierzchniowego tuszek, jeśli wyjściowo było ono wysokie, tj.  $>10^4$  /cm<sup>2</sup> lub wzrost kontaminacji przy niskiej ilości wyjściowej drobno-ustrojów. Dużo niższe zakażenie powierzchniowe obserwuje się u tuszek drobiu wodnego, co jest spowodowane dodatkowym zanurzeniem w gorącym wosku. W celu poprawy higieny drobiu korzystne jest mycie tuszek po skubaniu przy użyciu myjki rozpyłowej [23].

Patroszenie podzielić można na 3 główne etapy: usunięcie steku, otwarcie jamy brzusznej i usuwanie wnętrzości – mogą być one wykonywane ręcznie lub automatycznie. Zarówno patroszenie ręczne, jak i automatyczne stwarzają duże zagrożenie zakażeniami krzyżowymi, dlatego należy stosować odpowiednie wyposażenie podciśnieniowe (pistolet do kloaki, systemy zbiórki ubocznych artykułów uboju), a wszystkie urządzenia powinny być myte w systemie CIP (cleaning-in-place). Największe zagrożenie stanowi usuwanie steku, gdyż uszkodzenie wnętrzości w czasie tej operacji powoduje zanieczyszczenie tuszki odchodami, co natychmiast podnosi stopień kontaminacji (odchody zawierają do  $10^9$  komórek w 1 cm<sup>3</sup>) [4]. Przyczyną przerywania ciągłości ośrodka jest najczęściej zbyt długie (osłabienie wnętrzości) albo zbyt krótkie głodzenie ptaków lub nieprawidłowe ustawienie stekownicy. Niewłaściwe działanie urządzeń mechanicznych w czasie patroszenia (a głównie niewłaściwe ustawienie cyklu pracy mechanicznych łyżek patroszących) lub wydłużone głodzenie prowadzące do powiększenia woreczka żółciowego są przyczynami częstego jego uszkodzenia i rozlania żółci na powierzchni tuszki. W tym wypadku tuszka dopiero po usunięciu skóry może być wykorzystana na cele przetwórcze.

Przyczynami szeregu wad tuszek i elementów są źle ustawione narzędzia tnące, najczęściej obrotowe noże tarczowe, przy czym wady mogą być spowodowane niewyrównaniem partii drobiu (przyczyna coraz rzadsza w miarę postępu i standaryzacji warunków wychowu drobiu) oraz osłabionym kośćcem. Jedną z takich wad jest złe odcięcie lub wyłamanie stawów skokowych uniemożliwiające właściwe przeprowadzenie operacji patroszenia [52].

Standard mikrobiologiczny operacji patroszenia podniósł się w wyniku wprowadzenia rozdziału wnętrzości od tuszki i kierowania ośrodków do stanowiska badania weterynaryjnego na równoległej linii lub przenośniku tacowym. Innym czynnikiem obniżenia ryzyka kontaminacji jest wprowadzenie automatycznych urządzeń transferu tuszek z linii uboju na linię patroszenia zastępujące pracę ręczną.

#### 9.3.4. Natryski

Mycie natryskowe szczególnie jako ostatnia operacja przed wychładzaniem jest prowadzone przy użyciu dysz nisko- lub wysokociśnieniowych. Zadaniem procesu jest głównie usunięcie pozostałości i skrzepów krwi oraz innych zanieczyszczeń po patroszeniu. Higiena tuszek poprawia się, jeśli do wody dodaje się substancje antybakteryjne, np. podchloryn (20–50 mg/dm<sup>3</sup>). Bardzo efektywny jest natrysk wewnętrzny i zewnętrzny tuszek 4% kwasem mlekowym, co powoduje jednak nadmierne rozjaśnianie powierzchni tuszek [59].

#### 9.3.5. Wychładzanie

Ostatni etap procesu technologicznego – wychładzanie decyduje o finalnej barwie tuszki (patrz rozdz. 9.4) oraz jej trwałości mikrobiologicznej. Jedną z wad wynikających z wychładzania i przechowywania chłodniczego stanowi nadmierna wilgotność powierzchni tuszki, z powodu wysokiej wilgotności względnej w pomieszczeniach związanych

z obrotem i przechowywaniem drobiu (magazyn chłodniczy pomieszczenia ekspedycji). Innego typu wady – oślizła powierzchnia czy obcy zapach – związane są ze zmianami mikrobiologicznymi przy przechowywaniu w niewłaściwych warunkach – zbyt wysokiej temperaturze i wilgotności względnej ułatwiających rozwój mikroorganizmów. Drób świeży może być chłodzony immersyjnie w wodzie lub w powietrzu. W przypadku drobiu przeznaczonego do mrożenia korzystne jest zastosowanie chłodzenia immersyjnego. Wbrew powszechnym opiniom wychładzanie tuszek metodą immersyjną, jeśli jest prowadzone we właściwy sposób, może sprostać wymaganiom higienicznym. Ustalono, że przy użyciu nadmiaru wody w stosunku do masy tuszek, jak 2:1, redukcja liczby mikroorganizmów na skórze wynosi od 60 do 98%. Pomimo realnego zagrożenia zakażeniem krzyżowym przy stosowaniu metody immersyjnej w mniejszym stopniu dotyczy to rozprzestrzeniania się *Salmonelli*, w większym innych patogenów [24]. W ciągu dnia pracy maksimum ilości mikroorganizmów w wodzie chłodzącej występuje po 2–3 godzinach procesu i utrzymuje się na stałym poziomie. Standard mikrobiologiczny poprawia użycie podchlorynu, ale dopuszczalne dawki (do 20 mg/dm<sup>3</sup>) są zbyt małe, żeby wyeliminować niebezpieczeństwo zakażeń krzyżowych *Salmonellą*. Natomiast już stężenie 5 ppm wolnego chloru w wodzie skutkuje obniżeniem zakażenia powierzchniowego. Trwałość przechowalnicza drobiu schładzanego przy użyciu roztworów podchlorynu wynosi 15–18 dni przy przechowywaniu w temperaturze 0°C, 6–8 dni w 4°C, 2 dni w 10°C [23].

Wpływ metody wychładzania oraz wmywania barwników hemowych przy stosowaniu metod immersyjnych na barwę mięsa drobiu nie jest oceniany w literaturze jednoznacznie. Generalnie nie odnotowano wpływu systemu wychładzania na barwę mięsa (immersyjne i owiewowe), ale w czasie przechowywania mięsa po wykrawaniu, np. filetu w lodzie lub mięsa piersiowego i udowego rozdrobnionego obniża się jasność i udział barwy czerwonej. Innego rodzaju wadą jest zaróżowienie mięsa po obróbce termicznej wywołane resztkowym azotanem lub azotynem (rzędu 1–2 mg/kg) pochodzącym z paszy lub wody użytej w przetwórstwie [4]. W trakcie przechowywania schłodzonego lub mrożonego drobiu następuje dyfuzja barwników hemowych z kości do mięsa, traktowana jako wada jakościowa powodująca powstawanie po obróbce termicznej ciemnych, lokalnych plam w mięśniach bezpośrednio przylegających do kości.

#### 9.4. Wyróżniki i metody oceny jakości mięsa drobiu o przeznaczeniu kulinarnym

Konsumenci wybierają produkt na podstawie tzw. ogólnego wrażenia, w zasadniczej części kształtowanego przez wizualną ocenę barwy. Szczególne znaczenie w ocenie tuszek i elementów drobiowych ma barwa skóry. Generalnie pożądana jest barwa skóry od białej do bladej. Jednak często konsumenci poszukują drobiu o silnej, nasyconej barwie skóry typowej dla tradycyjnych metod chowu i żywienia. Obecnie obserwuje się tendencję wzrostu spożycia, a co za tym idzie – preferowania odmian drobiu wolno rosnącego o intensywnym zabarwieniu tuszki, np. Label Rouge we Francji [47] (patrz rozdz. 2). Tak więc, preferencje związane z barwą skóry mają uwarunkowania regionalne i historyczne, jak również zależą od przyzwyczajenia do lokalnych ras drobiu o różnej zdolności kumulowania karotenoidów, a szczególnie ksantofili (np. w Wielkiej Brytanii chętniej

wyбира się białą niepigmentowaną skórę drobiu), a także melaniny. Jeśli chodzi o uwarunkowania genetyczne, to rasa Cornish zachowała zdolność kumulowania barwników karotenoidowych w skórze, jednak wiele mieszańców straciło tę właściwość. Uzyskanie intensywnej pigmentacji wymaga stosowania w żywieniu składników o wysokiej zawartości barwników [5]. W krajach o najbardziej rozwiniętym przetwórstwie drobiu barwa skóry nie jest tak istotna, gdyż na rynku dominują produkty z mięsa przetworzonego, tj. po usunięciu skóry, dodatkowo poddane obróbce termicznej. Sytuacja taka powoduje zmiany w technologii obróbki poubojowej, szczególnie oparzenia, ponieważ dla określonych kierunków wykorzystania mięsa drobiu akceptowane jest usunięcie naskórka (po oparzeniu w temp. powyżej 54°C) z pozostawieniem reszty skóry właściwej. Takie preferencje występują m.in. na części rynku krajowego, na którym klienci mieli ograniczony wybór produktów drobiarskich w okresie gospodarki nakazowej i zostali „przyzwyczajeni” do drobiu oparzonego w wysokiej temperaturze.

**Barwa mięsa** to zasadniczy czynnik decydujący o zakupie poszerzającego się asortymentu produktów drobiarskich. Barwa mięsa postrzegana jako czerwona wynika z absorpcji zielonej części widma światła widzialnego przez hemowe barwniki zawarte w mięsie. Naturalnym barwnikiem mięśni jest mioglobina i jej pochodne, która spośród barwników mięsa ma największe znaczenie. Stężenie mioglobiny jest zależne od wieku ptaków oraz gatunku i waha się od niskiego poziomu 0,01 mg/g mięsa w mięśniu piersiowym kurcząt brojlerów do 1,50 mg/g w mięśniach nóg półrocznych niosek lub indorów. Duża część hemu obecnego w mięsie drobiu występuje w hemoglobinie, gdyż żadna ze znanych technologii uboju nie zapewnia całkowitego usunięcia krwi z ciała ptaka, tzn. osiągany jest poziom ok. 50%. Pewną rolę przypisuje się również cytochromom komórkowym, które w nieznacznych ilościach występują w mięsie drobiu. Z tym że to nie ich część hemowa decyduje o barwie, ale fakt, że są one składnikiem enzymów umożliwiających oksydację mioglobiny. Wzajemny udział form utlenionych (met) i utlenowanych (oksy) białek zawierających hem decyduje o wypadkowej barwie mięsa drobiu [25].

W ocenie barwy nadal stosowane są porównawcze skale kolorymetryczne, np. 13-stopniowa skala Hoffman – La Roche, służąca obecnie głównie do oceny intensywności zabarwienia skóry brojlerów. O charakterystyce barwy mięsa można wnioskować na podstawie ilości barwników po ich ekstrakcji z tkanki przy użyciu acetonu (w tych warunkach wydzielane są wszystkie związki hemowe, w tym cytochrom c). Następnie oznaczana jest spektrofotometrycznie ilość barwników. Można również metodą spektrofotometryczną – odbiciową oszacować udział procentowy form oksy-, met- i natywnej mioglobiny mięsa. Przez długi czas stosowano także metodę spektrofotometryczną, tj. pomiar widma odbiciowego przy 560 i 640 nm i wyliczono na tej podstawie ton barwy, nasycenie barwy oraz luminancję.

**Aktualnie pomiary barwy** są dokonywane wyłącznie przy użyciu kolorymetrów odbiciowych, a jej fizyczne wyróżniki nawiązujące do sposobu odbioru przez oko ludzkie wyrażane są przy użyciu tzw. skali Huntera. Skala ta jest powiązana z wartościami tróchromatycznymi systematyki Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej, która dokonała rozkładu światła widzialnego na trzy zmienne: X (barwa czerwona), Y (zielona) i Z (niebieska). Opierając się na teorii recepcji przez oko tych trzech kolorów i wszystkich innych barw będących ich mieszaniną odbieraną przy zdefiniowanej iluminacji (tzw. źródło światła C), skala Huntera poprzez wartość  $L^*$  wyraża jasność powierzchni od 0 w ciele idealnie

czarnym do 100 w białym. Nasylenie barwy czerwonej (wartości +) lub zielonej (-) określa tzw. wartość  $a^*$ , a żółtej (wartość +) lub niebieskiej (-) tzw. wartość  $b^*$  [4].

Korzystne utrzymanie naturalnej czerwonej barwy mięsa (odpowiadającej natywnej mioglobinie) w czasie przechowywania można osiągnąć poprzez wprowadzenie do mięsa związków o właściwościach redukujących, jak również przez obniżenie temperatury. Usunięcie tlenu ze środowiska otaczającego produkt, na przykład w wyniku wymiany gazów na  $N_2$  i  $CO_2$ , chroni barwniki hemowe przed utlenieniem, ale uniemożliwia również tworzenie oksymioglobiny nadającej mięsu jasnoczerwoną barwę. Procesy przemian barwników są silnie związane z przebiegiem przemian poubojowych, a szczególnie kwasowości czynnej, co przedstawiono w rozdziale dotyczącym odchyień jakościowych mięsa drobiu. Barwa mięsa zależy od stężenia barwników hemowych, ich stanu chemicznego, pH i zdolności rozproszenia światła przez powierzchnię tkanki mięśniowej. Wartość pH jest często skorelowana ze zmianami barwy w mięsie drobiu, szczególnie dotyczy to mięśnia piersiowego. Ostatnio ugruntował się pogląd o możliwości oceny jakości mięsa na podstawie parametru jasności, ujemnie skorelowanego z pH i będącego dobrym wyróżnikiem występowania mięsa wodnistego. Przeprowadzenie oznaczenia pH i jasności pozwala na eliminację mięsa z wadą PSE. Uważa się nawet, że tylko analiza parametru jasności pozwala już na wstępną selekcję mięsa wodnistego ( $L^* > 50$ ) [29]. Prowadzone są próby wykorzystania włókien optycznych do oceny barwy, a także z powodzeniem opracowywane są metody wykorzystujące komputerową analizę obrazu. Do oceny barwy tuszek i mięsa drobiu zastosowano m.in. przyrząd pracujący w zakresie spektroskopii światła widzialnego i bliskiej podczerwieni, powiązany z multispektralnym urządzeniem opartym o system analizy obrazu. Spektra odbiciowe są mierzone przy użyciu stacjonarnych włókien optycznych ustawionych w odległości 2–5 cm od tuszki. Pomiar jest dokonywany z szybkością 60–90 ptaków/min. Analiza danych wykonywana jest przez sieć neuronową [4].

Na barwę mięsa drobiu w zasadniczym stopniu wpływa skuteczność procesu wykrwawiania i innych związanych z nim operacji na liniach ubojowych, co przedstawiono w rozdziale 9.3. Szczególnie częstym i spektakularnym odchyleniem jest występowanie wybroczyn (*haemorrhages*), związanych m.in. z oszałamianiem elektrycznym (patrz rozdz. 9.3).

#### 9.4.1. Smak i zapach

Zespół wrażeń sensorycznych odbieranych przez kubki smakowe języka i receptory zapachu nosa, a określonych w polskiej literaturze jako smakowitość (ang. flavour), ma zasadnicze znaczenie w ocenie jakości mięsa drobiu. Rozróżnia się cztery podstawowe smaki, tj. słony, słodki, kwaśny i gorzki, znane też są takie wrażenia, jak smak metaliczny czy przyprawowy. Uważa się, że najważniejszymi składnikami decydującymi o smaku mięsa, w tym drobiowego, są białka, peptydy, aminokwasy i nukleotydy. Większość z nich, jeśli nawet nie tworzy bezpośrednio wrażeń smakowych, ma synergistyczny wpływ na odczucie smaku. W celu ustalenia substancji odpowiedzialnych za tworzenie smaku i zapachu mięsa drobiu analizowano skład bulionów uzyskanych w wyniku jego gotowania, a w tym szczególnie składników rozpuszczalnych w wodzie. Następnie odtwarzano skład bulionów przez przygotowanie roztworów aminokwasów, pochodnych ATP i jonów nieorganicznych. Głównymi składnikami aktywnymi smakowo był kwas glutaminowy i inozynomonofosforan (IMP) oraz jon potasu nadający smak gorzki i słony [15]. Wykazano również, że smak bulionowy lub smak i zapach mięsny można uzyskać po ogrzewaniu

w roztworze wodnym cysteiny z heksozami. Także hypoksantyna i inozyna biorą udział w tworzeniu smaku i zapachu mięsa. Prekursorami smaku mięsa są jednak w głównym stopniu kwas glutaminowy i aminokwasy siarkowe, ale też seryna, lizyna i izoleucyna. W czasie obróbki termicznej powstają merkaptany, siarczki, lotne kwasy organiczne i amoniak. Ich ilość jest zależna od stopnia zawansowania procesu dojrzewania mięsa. W mięsie z nóg po obróbce termicznej odnotowano większe stężenie związków siarki, co jest powodem różnic smaku w porównaniu do mięsa piersiowego [4, 38].

W czasie obróbki termicznej następuje obniżanie stężenia cukrów redukujących, nukleotydów i wolnych aminokwasów, ponieważ są one prekursorami lotnych związków powstających podczas smażenia czy pieczenia i odpowiedzialnych za tworzenie zapachu typowego dla przygotowanego kulinarnie mięsa drobiu. Takich składników jest ponad 500, jednakże większość z nich ma wysoki próg rozpoznania sensorycznego i dlatego udział w kształtowaniu smaku i zapachu ma co najwyżej kilkadziesiąt z nich [15]. Związki te można podzielić na heterocykliczne, aldehydy, ketony, laktony i zawierające siarkę. W kształtowaniu zapachu mięsa drobiu po obróbce termicznej znacznie większe znaczenie niż w mięsie czerwonym mają produkty oksydacji lipidów, takie jak trans-2, 4-dekadienal [18]. Wynika to z tego, że mięso drobiu zawiera więcej tłuszczów nienasyconych, w tym kwasu linolenowego. Podobnie jak w przypadku innych produktów żywnościowych w kształtowaniu profilu smakowo-zapachowego mięsa drobiu istotne są reakcje Maillarda aminokwasów z cukrami redukującymi. Na tej zasadzie powstają m.in. związki sulfidowe nadające zapach jaj lub siarkowy, jak również furanotiole i disulfidy odpowiedzialne za zapach tzw. mięsny. Wiele ze składników będących pochodną procesów oksydacyjnych tworzy tzw. warmed over flavour WOF opisany w rozdziale 7.10. W odróżnieniu od smaku, który można łatwo sensorycznie rozłożyć na składowe (tzw. profiłowanie), charakterystyka zapachu jest bardziej złożona, a profile opracowane przez różnych autorów są odmienne. Zasadnicze znaczenie w kształtowaniu zapachu ma temperatura obróbki. Ilość lotnych składników, szczególnie takich jak dimetyl, disulfid i butanedion, rośnie przy zwiększaniu temp. od 60 do 80°C [4]. Zasadniczy wpływ na profil zapachowy ma gatunek drobiu, rasa, płeć, a przede wszystkim żywienie. W związku z dużym wpływem procesów oksydacji na zapach mięsa drobiu istotne znaczenie posiada skład kwasów tłuszczowych modyfikowanych żywieniowo, np. przez dodatek oleju lub mączki rybnej, m.in. w celu zwiększenia ilości kwasów n-3, co jako efekt uboczny może powodować powstanie obcego rybiego smaku i zapachu. Podobne odchylenia mogą wystąpić w przypadku stosowania jako dodatku do pasz dużych ilości olejów lnianego lub rzepakowego. Korzystna w kształtowaniu prawidłowego zapachu drobiu jest żywieniowa suplementacja tokoferolami (witamina E), których naturalny poziom w mięsie drobiu jest niski, a zapobiegają one powstawaniu WOF [35, 41]. Mięso młodego drobiu, szczególnie kurcząt brojlerów, charakteryzuje się słabym profilem smakowo-zapachowym. Intensywniejszy smak i zapach wykazuje drób starszy: kury, koguty oraz rostery [38]. Niska smakowitość mięsa młodego drobiu powoduje konieczność zastosowania metod obróbki termicznej wzmacniających profil smakowo-zapachowy, takich jak: smażenie, pieczenie, panierowanie. Zmiany przebiegające w trakcie tych procesów, tj. reakcje Maillarda oraz karmelizacji zwiększają ilość związków smakowych. Mięso drobiu wolno rosnącego ras rodzimych charakteryzuje się lepszym smakiem i intensywnym zapachem, gdyż koncentracja prekursorów smakowitości zwiększa się w miarę wzrostu ptaków, osiągając maksimum dopiero po uzyskaniu dojrzałości płciowej [47].

### 9.4.2. Tekstura

Ocena tekstury jest najbardziej ujednoczoną metodą analizy cech sensorycznych produktów spożywczych, przy czym ogólne definicje poszczególnych wyróżników nie zawsze są uniwersalne w ocenie wszystkich specyficznych rodzajów produktów żywnościowych. W odniesieniu do cech jakościowych mięsa kulinarnego po obróbce termicznej dawniej używano określenia „konsystencja”, które obecnie zastąpiono teksturą, a jej zasadniczym wyróżnikiem jest kruchość (lub łykowatość) wiązana sensorycznie z łatwością mastyfikacji mięsa w czasie żucia, a fizycznie z wielkością siły cięcia ujednoczonej próbki mięsa. Siła cięcia jest standardowo oznaczana przy użyciu urządzeń do oceny cech mechanicznych produktów spożywczych, np. Instron, wyposażonych w przystawki do cięcia typu Warner – Bratzler lub prasa Kramera [32]. W klasycznej metodzie profilowania wyróżniki tekstury (TPA – *texture profile analysis*) dzieli się na: mechaniczne – związane z cechami reologicznymi próbek i ich zachowaniem pod wpływem naprężeń działających w fazie rozdrabniania i mastyfikacji mięsa drobiu; geometryczne – związane z kształtem oraz wymiarami próbek i powierzchniowe – związane z odczuciem wodnistości lub olejowej powierzchni mięsa poddanego obróbce termicznej. Metoda TPA była rozwijana przez Szcześniak i Civille [58], które określiły tzw. pierwszorzędowe (twardość, spoistość – kohezja, sprężystość, adhezja i lepkość) cechy produktów spożywczych i drugorzędowe (gumowatość, żucie, łamliwość) będące kompilacją cech pierwszorzędowych. Przystosowaniem metody profilu tekstury na potrzeby oceny wartości kulinarnej mięsa drobiu zajmowali się Lyon i Lyon [31], wprowadzając do profilu tekstury ocenę kruchości i soczystości.

Uważa się, że kruchość to najbardziej istotny czynnik decydujący o jakości mięsa drobiowego o przeznaczeniu kulinarnym. W związku z wprowadzeniem szybkiej obróbki poubojowej i pozyskiwaniem cennych partii mięśni drobiu w stanie ciepłym pojawił się problem niskiej kruchości mięsa związany z niedostatecznym czasem dojrzewania, ale również występuje problem słabej jego spoistości (związania) – konsekwencji niskiej zawartości kolagenu, co jest wynikiem selekcji genetycznej i krótkiego okresu wychowu.

Poprawę kruchości mięsa drobiu można uzyskać w wyniku odpowiednich zabiegów technologicznych na liniach obróbki poubojowej lub zmieniając warunki dojrzewania (patrz rozdz. 6), albo inne dodatkowe zabiegi. Między innymi Lyon i Hamm [30] poddawali filet piersiowy kurcząt pozyskany 40 min *post mortem* tenderyzacji przez nacinanie nożem w kombinacji z nastrzykiem roztworem NaCl i polifosforanu. Wykazali, że działanie to powoła na uzyskanie kruchości mięsa po obróbce termicznej porównywalnej z 24-godzinnyim dojrzewaniem w warunkach chłodniczych. Jednak metoda ta, podobnie jak masowanie mięśni o przeznaczeniu kulinarnym z dodatkiem solanki wprowadzonej metodą nastrzykową w celu wchłonięcia wody dodanej, może być niekorzystnie odbierana przez konsumentów, którzy nie akceptują filetu poddanego obróbce i zawierającego substancje dodatkowe. Metodą poprawy kruchości jest rozciągnięcie skrzydeł podczas *rigor mortis*, żeby zredukować skrócenie sarkomerów. Obniża to stopień kontrakcji i częściowo zapobiega łykowatości mięsa piersiowego pozyskiwanego w stanie ciepłym. Inną fizyczną metodą jest użycie płaskiego pasa naciskającego na filet. Działanie to obniża wartość siły cięcia mięsa po obróbce kulinarnej, ale nie poprawia kruchości ocenianej sensorycznie [53].

### 9.4.3. Sensoryczna ocena drobiu kulinarnego

Podstawowym problemem w ocenie sensorycznej mięsa drobiu jest brak standardów warunków obróbki termicznej. Stosowane są dwa podstawowe rodzaje obróbki: gotowanie mięsa w workach odpornych na wodę w temp. 85–90°C do osiągnięcia 80–82°C w mięśniu piersiowym wykrojonym z tuszki lub pieczenie w temp. 180–200°C, również do osiągnięcia temp. ok. 80°C po zawinięciu mięsa w folię aluminiową [31]. Stosowano także 46-godzinne rozmrażanie mięsa w +2°C, a następnie pieczenie w temp. 163°C do osiągnięcia 88–89°C w centrum mięśnia piersiowego, a następnie chłodzenie do 50°C. Częstością jest też gotowanie w wodzie w odpowiedniej ostrości, a następnie zamrażanie mięsa drobiu i powtórna obróbka w gorącym powietrzu (177°C) do uzyskania 65°C – (mięso drobiu o tej temperaturze powinno być poddawane ocenie). Rzadziej sensorycznie ocenia się drób smażony zanurzeniowo (temperatura oleju ok. 180°C), gdyż korzystniejsze jest wówczas pokrycie drobiu panierem, a to zmienia warunki oceny, tj. profil smakowo-zapachowy i teksturę mięsa. Kuchenki mikrofalowe, również te wyposażone w opiekacze z wytwornikami podczerwieni, nie są powszechnie stosowane do przygotowania prób do analizy sensorycznej, raczej do ich podgrzania.

Typowe rozmiary próbek mięśnia piersiowego ocenianych pod względem sensorycznym to sześcian o boku 2 cm. Podstawowe opracowania dotyczące profilowania cech sensorycznych mięsa drobiu powstały w USA, gdzie posługiwano się od lat 40. metodą flavour profile, w której ocena przebiega również przy okrągłym stole, a wszystkie wyodrębnione cechy są poddawane dyskusji wśród członków panelu. W zależności od sposobu przygotowania, a właściwie obróbki termicznej drobiu, które nie są jednoznacznie ustalone, można mówić o różnych wyróżnikach smaku i zapachu. Jest to też ściśle związane z odchyleniami jakości mięsa drobiu po obróbce termicznej – występowaniem m.in. tzw. warmed over flavour (WOF). W klasycznej pracy Lyon i Lyon [33] przedstawili kilkanaście wyróżników profilu smakowo-zapachowego, takich jak: mięsny, drobiowy, oksydowanego tłuszczu, bulionowy, WOF, metaliczny, gorzki itd. (tab. 9.7).

Tabela 9.7

Wyróżniki profilu smaku i zapachu drobiu po obróbce termicznej  
(definicje według [37])

Nazwa	Definicja
drobiowy	ugotowane mięso drobiu
mięsny	ugotowane mięso ciemne
bulionowy	bulion drobiowy
przypieczony	grilowane, pieczone mięso drobiu
przypalony	nadmiernie przypieczone, spalone mięso
stęchły	pleśni, papieru
odgrzewania (warmed over)	odgrzewanego mięsa
zjełczały	utlenionego tłuszczu lub oleju lnianego
metaliczny	smak metalu



Do drobiu przygotowano metodę profilu tekstury [31], w której oceniana jest wilgotność powierzchni, sprężystość, twardość, zucie, spoistość (przed zniszczeniem struktury mięsa w fazie zucia), pokrycie jamy ustnej, wilgotność masy gotowej do połykania etc. Uzależniono to od czasu po uboju, wykazując wyższe natężenie cech tekstury w mięśni piersiowym kurcząt wykrawanych w 2 i 6 godz. po uboju niż pozyskiwanym po 24-godzinnym dojrzewaniu w warunkach chłodniczych. Mięso drobiu po dojrzewaniu poubojowym charakteryzowało się niższą twardością, spoistością i pozostałymi cechami tekstury w porównaniu do mięsa wykrawanego w fazie *rigor*. Innym czynnikiem decydującym o zmianach nie tylko smaku i zapachu, ale i tekstury mięsa jest przebieg zmian oksydacyjnych powiązanych z dojrzewaniem poubojowym [35].

## 9.5. Streszczenie

W rozdziale przedstawiono podstawowe, nowoczesne rozwiązania procesu uboju i obróbki poubojowej drobiu na potokowych, zmechanizowanych i zautomatyzowanych liniach produkcyjnych. Innowacje polegają m.in. na szerokim wprowadzeniu systemów automatycznego przewieszania drobiu na poszczególne odcinki obróbki poubojowej, zastosowaniu mechanicznych urządzeń usuwania ośrodka i jego podziału na jadalne i niejadalne artykuły uboju oraz usuwania niejadalnych odpadów (treści pokarmowej). Poruszono także tematykę aktualnych technik oszałamiania oraz elektrostymulacji poubojowej mięśni drobiu przeprowadzanej w celu kształtowania kruchości mięsa. Omówiono podstawowe systemy automatycznego podziału tuszek na elementy, które są obecnie dominującą formą sprzedaży mięsa drobiu na rynku. Wdrożenie intensywnych, mechanicznych operacji uboju i obróbki poubojowej prowadzi do zwiększenia częstotliwości występowania niektórych wad jakościowych drobiu, ale przyczynia się do poprawy higieny mięsa drobiu. Harmonizacja prawa żywnościowego polskiego i europejskiego wprowadziła zmiany w nazewnictwie i ocenie jakościowej mięsa drobiu, w tym elementów. Porównanie przepisów europejskich ze standardami amerykańskimi jest również przedmiotem omawianego działu. W rozdziale podano podstawowe dane dotyczące takich wyróżników jakości, jak: barwa, tekstura, smak i zapach mięsa drobiu z uwzględnieniem oceny sensorycznej.

## Piśmiennictwo

- [1] Adros: 2004. Procedury technologiczne firmy Adros sp. z.o.o. Dobrzyca.
- [2] Ali A.S.A., Harrison A.P., Jensen J.F.: 1999. Effect of some ante-mortem stressors on peri-mortem and post-mortem biochemical changes and tenderness in broiler breast muscle: a review. *World's Poultry Sci. J.*, 55, (3), 403–414.
- [3] Anders E.: 2003. Etykietowanie mięsa drobiowego i przetworów w świetle nowych przepisów o normalizacji i jakości handlowej. *Gosp. Mięś.*, LV, (12), 44–46.
- [4] Barbut S.: 2002. *Poultry products processing*. CRC Press. Boca Raton
- [5] Barbut S.: 2001. Acceptance of fresh chicken meat presented under three light sources. *Poultry Sci.*, 80, 101–104.
- [6] Bieliński T.: 2003. Tworzenie wartości dodanej w produktach drobiarskich. *Mięso i Wędliny*, 8, 3–31.
- [7] Cason J.A., Whittemore A.D., Shackelford A.D.: 1999. Aerobic bacteria and solids in a three-tank, two-pass, counterflow scalding. *Poultry Sci.*, 78, 144–146.

- [8] Commission Regulation (EEC) No 1538/91 of 5 June 1991 introducing detailed rules for implementing Regulation (EEC) No 1906/90 on certain marketing standards for poultry (OJ L 143 of 7.6.1991) *Offic. J.*, L 036, 07/02/2001, 0012–0012.
- [9] Council and European Parliament Regulation (EC) No 852/2004 of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. *Offic. J.*, L 139, 30/4/2004, 1–54.
- [10] Council and European Parliament Regulation (EC) No 853/2004 of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. *Offic. J.*, L 139, 30/4/2004, 55–205.
- [11] Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97. *Offic. J.*, L 3, 5/1/2005, 1–44.
- [12] Council Directive 92/116/EEC of 17 December 1992 amending and updating Directive 71/118/EEC on health problems affecting trade in fresh poultry meat – *Offic. J.*, L 062, 15/03/1993, 0001–0037.
- [13] Council Regulation (EEC) No 1906/90 of 26 June 1990 on certain marketing standards for poultry. *Offic. J.*, 195, 26/07/1990, 0039.
- [14] Drozdowski R.: 1999. Cięcie strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem. *Mag. Przem. Spoż.*, 3, 23–26.
- [15] Farmer L.J.: 1999. Poultry meat flavor, [in:] Poultry meat science symposium. Eds. Richardson R. I., Mead G. C. CABI Publ., Oxfordshire, UK.
- [16] Fletcher D.L.: 2002. Poultry meat quality. *World's Poultry Sci. J.*, 55, (3), 131–145.
- [17] Gade P.B., Holleben K.V., Wenzlawowicz M.V.: 2001. Animal welfare and controlled atmosphere stunning (CAS) of poultry using mixtures of carbon dioxide and oxygen. *World's Poultry Sci. J.*, 57, (2), 189–200.
- [18] Gasser U., Grosch W.: 1990. Primary odorants of chicken broth – a comparative study with meat broths from cow and ox. *Z. Lebens. Unters. Forsch.*, 190, 3–8.
- [19] Gawęcki W., Kiełczewski K., Szlinka U., Konieczna L.: 1999. Ocena wartości użytkowej kurcząt brojlerów pochodzących z różnych stad rodzicielskich utrzymywanych na terenie Polski (test nr 1/98). Wyniki oceny użyteczności drobiu. *Inst. Zoot. Kraków Zesz.* 28, 151–162.
- [20] Gornowicz E., Dziadek K.: 2002. Pochodzenie kurcząt brojlerów a wydajność rzeźna i jakość mięsa. *Gosp. Mięsn.*, LIV, (5), 32–33.
- [21] Grabowski T.: 1993. Surowiec do produkcji mięsa drobiowego, [w:] Praca zbiorowa Technologia mięsa drobiowego. Red. T. Grabowski. WNT, Warszawa, 132–156.
- [22] Gruda Z., Postolski J.: 1999. Zamrażanie żywności. WNT, Warszawa.
- [23] Hafez M.M.: 1999. Poultry meat and food safety: Pre-and post-harvest approaches to reduce foodborne pathogens. *World's Poultry Sci. J.*, 55, (3), 269–280.
- [24] Hinton M.H., Corry J.: 1998. The decontamination of carcass meat, [in:] Poultry and food safety. Eds. Nagy B., Mulder R.W.A.W., European communities.
- [25] Kranen R.W., Lambooij E., Veerkamp C.H., van Kuppevelt T. H., Veerkamp J.H.: 2000. Haemorrhages in muscles of broiler chickens. *World's Poultry Sci. J.*, 56, (2), 93–126.
- [26] Lacy M.P., Czarick M.: 1998. Mechanical harvesting of broilers. *Poultry Sci.*, 77, 1794–1797.
- [27] Lambooij E.: 1999. Handling of poultry before slaughter: some aspects of welfare and meat quality. *Proceed. XIV Symp. Quality Poultry Meat. WPSA. Bologna, Italy.* 311–323.
- [28] Leeson S., Summers J.D.: 1997. Commercial poultry nutrition. Univ. Books Publ. Guelph, Canada.
- [29] Lesiów T., Kijowski J.: 2003. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing. – A review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 12/53, (C2), 3–8.
- [30] Lyon B.G., Hamm D.: 1986. Effects of mechanical tenderization with sodium chloride and polyphosphates on sensory attributes and shear values of hot-stripped broiler breast meat. *Poultry Sci.*, 65, 1702–1707.
- [31] Lyon B.G., Lyon C.E.: 1993. Effects of water-cooking in heat-sealed bags versus conveyor-belt grilling on yield, moisture, and texture of broiler breast meat. *Poultry Sci.*, 72, 2157–2165.

- [32] Lyon B.G., Lyon C.E.: 1996. Texture evaluations of cooked, diced broiler breast samples by sensory and mechanical methods. *Poultry Sci.*, 75, 812–819.
- [33] Lyon B.G., Lyon C.E.: 1997. Sensory descriptive profile relationships to shear values of deboned poultry. *J. Food Sci.*, 62, 885–888.
- [34] Lyon C.E., Papa C.M., Wilson R.L.: 1991. Effect of feed withdrawal on yields, muscle pH and texture of broiler breast meat. *Poultry Sci.*, 70, 1020–1025.
- [35] Malczyk E., Kopeć W., Smolińska T.: 1999. Influence of oil and vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol) supplementation on lipid oxidation and flavour of poultry meat. *Proceed. XIV Europ. Symp. Quality Poultry Meat. WPSA Bologna, Italy.* 167–172.
- [36] Mead G.C.: 2000. Fresh and further processed poultry, [w:] *The microbiological safety and quality of food.*, Eds. Lund B., Baird-Baker T.C., Gould G. Aspen Publ., Gaithersburg, MD. Vol. 1.
- [37] Molette C., Remignon H., Babile R.: 2003. Maintaining muscles at a high *post-mortem* temperature induces PSE-like meat in turkey. *Meat Sci.*, 63, 525–532.
- [38] Niewiarowicz A.: 1993. Struktura, skład chemiczny, zmiany poubojowe i smakowość mięsa drobiowego, [w:] *Praca zbiorowa. Technologia mięsa drobiowego.* Red. T. Grabowski. WNT, Warszawa. 22–61.
- [39] Northcutt J.K.: 2003. Reference guide for solving poultry processing problems. <http://www.ces.uga.edu>.
- [40] Northcutt J.K., Fletcher D.L.: 1997. The influence of new slaughter technologies on poultry meat quality. *Proceed XIII Symp. Quality Poultry Meat WPSA. Poznań, Poland.* 325–333.
- [41] Paste L.M.: 1990. A sensory perspective of effect of feeds on flavour in meats: poultry meats. *J. Anim. Sci.*, 68, 4414–4420.
- [42] Polska Klasyfikacja Wyrobów i Usług – nomenklatura. *Rozp. RM (PKWiN) 06.04.04.* Dz.U. 89, poz. 8, §44.
- [43] Polska Norma.: 1992. Mięso i przetwory drobiowe. Terminologia. A – 86521.
- [44] Polska Norma.: 1994. Mięso drobiowe w elementach. PN – A – 86524.
- [45] Polska Norma.: 1995. Podroby drobiowe. PN – A – 86523.
- [46] Polska Norma.: 1998. Tuszki drobiowe. PN – A – 86520.
- [47] Połtowicz K., Wężyk S., Cywa-Benko K.: 2003. Wykorzystanie rodzimych ras kur w produkcji mięsa bezpiecznego dla zdrowia konsumenta. *Wyd. Inst. Zoot. Oddz. Badaw. Drob. Produkcja bezpiecznej dla zdrowia żywności w oparciu o rodzime rasy drobiu.* 21–29.
- [48] Raj A. B. M., Nute G.R., Wotton S.B., Baker A.: 1992. Sensory evaluation of breast filets from argon-stunned and electrically stimulated broiler carcasses processed under commercial conditions. *Brit. Poultry Sci.*, 33, 963.
- [49] Raj M., Tserveni-Gausi A.: 2000. Stunning methods for poultry. *World's Poultry Sci. J.*, 56, (4), 291–304.
- [50] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 grudnia 2002 w sprawie znakowania środków spożywczych i dozwolonych substancji dodatkowych (Dz.U. Nr 220, poz. 1856).
- [51] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 26 września 2003 w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej mięsa drobiowego (Dz. U. Nr 177, poz. 1734).
- [52] Ruciński M.: 2004. Informacja ustna – firma Regis sp.o.o. Wieliczka.
- [53] Sams A.: 2002. *Postmortem* electric stimulation of broilers. *World's Poultry Sci. J.*, 58, (3), 147–157.
- [54] Sante V., Fernandez X., Renou J.P.: 1999. New quality assessment techniques. *Proceed. XIV Symp. Quality Poultry Meat WPSA. Bologna, Italy.* 399–412.
- [55] Skrabka-Błotnicka T.: 1996. Postęp w przetwórstwie drobiowym. *Gosp. Mięs.*, XLVIII, (3), 50–51.
- [56] Słowiński M.P., Maciejewska A.: 2003. Wpływ metody pakowania na trwałość elementów z kurcząt przechowywanych w warunkach chłodniczych. *Mięso i Wędliny*, 6, 30–36.

- [57] Stals P.: 1998. Slaughter and dressing of poultry; [in:] Factors affecting the microbial quality of meat. 2. Slaughter and dressing. Eds. Hinton M.H., Rowlings C. Univ. Bristol Press. 99-106.
- [58] Szcześniak A.S., Civille G.V.: 1973. Guidelines to training a texture profile panel. J. Texture St. 4, 204–223.
- [59] Tamblyn C., Conner D.E.: 1997. Bactericidal activity of organic acid against Salmonella typhimurium attached to broiler chicken skin. J. Food Prot., 60, 629–.
- [60] USDA.1998.Classes, standards and grades for poultry # 70.220. United States Dept. Agric. Washington, DC.
- [61] Wołoszyn J.: 2002. Charakterystyka fizykochemiczna i technologiczna mięśni kaczek tuczonych przymusowo. Prace Nauk. Akad. Ekonom. 921. Wyd. AE we Wrocławiu.
- [62] [www.frigoscandia.com](http://www.frigoscandia.com).
- [63] [www.lincofood.com](http://www.lincofood.com).
- [64] [www.meyn.com](http://www.meyn.com).
- [65] [www.stork.com](http://www.stork.com).
- [66] Ziotecki J.: 2004. Technologia produkcji tuszek i elementów drobiowych, [w:] Praca zbiorowa. Mięso i przetwory drobiowe. Red. Grabowski T., Kijowski J., WNT, Warszawa 184–251.

# 10.

## UTRWALANIE MIĘSA DROBIU Z WYKORZYSTANIEM METOD OBRÓBKI TERMICZNEJ

*Teresa Smolińska, Teresa Skiba*

### 10.1. Metody obróbki cieplnej

Znanych jest wiele procesów, które stosowane są do utrwalania żywności, np. ogrzewanie, chłodzenie lub zamrażanie, suszenie, zakwaszanie itp. Metody utrwalania żywności za pomocą podwyższonej temperatury mają specjalne znaczenie, ponieważ oprócz utrwalania kształtują cechy sensoryczne produktów. Obróbka cieplna prowadzi do zwiększenia pożądalności konsumenckiej poprzez kształtowanie smaku i zapachu mięsa gotowanego, pieczonego lub smażonego.

Większość przetworów drobiowych produkowana jest z mięsa poddanego obróbce cieplnej na różnych etapach procesów produkcyjnych. Przy zabiegu cieplnym dochodzi w mięsie do szeregu zmian natury fizycznej i chemicznej, będących wynikiem wymiany ciepła pomiędzy medium grzewczym a ciałem ogrzewanym. Ciepło może być przekazywane drogą **przewodzenia, konwekcji lub promieniowania**.

Przewodzenie cieplne – to proces przepływu ciepła pomiędzy częściami układu o różnych temperaturach. Mikroskopowo jest to proces przekazywania energii pomiędzy poszczególnymi cząstkami w postaci drgań bez jednoczesnego przemieszczania się cząstek.

Konwekcja to przenoszenie ciepła przez przemieszczające się masy cieczy albo gazu wywołane różnicami temperatury, gęstości lub ciśnienia. Konwekcja zachodzi w przypadku produktów o znacznym udziale części ciekłych, np. sosów.

Promieniowanie cieplne polega na przenoszeniu energii promieniowania elektromagnetycznego. Wymiana ciepła przez promieniowanie nie wymaga obecności ośrodka pomiędzy ciałami, którymi ciepło jest wymieniane, czyli może zachodzić również w próżni [30, 31].

Ogrzewanie (obróbka termiczna) mięsa drobiowego ma zasadniczo trzy podstawowe cele:

- **utrwalenie przez niszczenie lub redukcję populacji mikroorganizmów oraz unieczynnianie enzymów,**

- **nadanie produktom odpowiedniej smakowości,**
- **wytworzenie odpowiedniej tekstury.**

Parametry i rodzaj obróbki cieplnej są dostosowywane do procesu produkcyjnego różnych przetworów drobiowych [5].

Najczęściej stosowane w przetwórstwie mięsa drobiowego są następujące **rodzaje obróbki cieplnej:**

- **gotowanie,**
- **smażenie,**
- **duszenie,**
- **pieczenie,**
- **pasteryzacja i sterylizacja.**

**Gotowanie** jest długotrwałym zabiegiem termicznym prowadzonym w wodzie lub w parze wodnej o temp. ok. 100°C. Wyróżnić można także krótkotrwałą obróbkę termiczną w wodzie w temp. ok. 80–100°C, tzw. obgotowywanie, oraz parzenie w parze wodnej w temp. 70–85°C. Dobór metod gotowania lub parzenia jest zależny od rodzaju surowca oraz jego przeznaczenia [7]. Istnieje też możliwość prowadzenia procesu gotowania pod zwiększonym ciśnieniem, stosowanym w surowcach o wyższej zawartości kolagenu w celu ułatwienia jego termohydrolyzy. Do gotowania należy surowiec segregować według wielkości i poddawać obróbce tylko jeden rodzaj mięsa. W przypadku gotowania elementów drobiowych należy oddzielnie gotować piersi i oddzielnie uda.

Gotowanie mięsa drobiu (tuszek, kawałków) można prowadzić w gorącej wodzie od początku procesu, wówczas uzyskuje się szybką denaturację powierzchniową białek, co wpływa na polepszenie soczystości i lepszego aromatu mięsa. Natomiast w celu uzyskania bulionów o dużym stężeniu substancji aromatycznych (wyciągowych) należy gotowanie rozpocząć w wodzie zimnej, co powoduje intensywną ekstrakcję z mięsa składników takich jak: aminokwasy, peptydy, białka i sole mineralne. Z tak otrzymanych bulionów uzyskać można wartościowe koncentraty, będące składnikami produktów typu kostki rosółowe, zupy czy sosy w proszku.

Zabieg częściowego obgotowywania (blanszowania) surowców stosuje się w przetwórstwie w odniesieniu do surowców bogatych w kolagen w produkcji wędlin podrobowych oraz konserw. Podczas gotowania dochodzi do powstawania strat (ubytków) masy, które zależą od temperatury ogrzewania i rodzaju surowca. Straty masy mogą osiągać od 21 do 32%, a w przypadku tuszek kur starych nawet 40% [13]. W zasadzie, przy gotowaniu elementów straty masy są wyższe niż przy gotowaniu całych tuszek (w przypadku nóg wynoszą śr. 27%) [13, 29]. Z powodu utraty masy w trakcie gotowania mięsa w formie wycieku zawierającego głównie wodę, ale i składniki odżywcze zasadniczej zmianie ulega skład chemiczny (tab. 10.1).

W mięsie gotowanym wzrasta udział białka i tłuszczu nawet ponad 50%, a obniża się wody i substancji mineralnych traconych w wycieku.

**Smażenie** to proces obróbki termicznej mięsa przy użyciu tłuszczu o temperaturze od 130 do 180°C, dokonywany w otwartych naczyniach w warunkach ciśnienia atmosferycznego najczęściej metodą zanurzeniową. Smażenie może być prowadzone również pod zwiększonym ciśnieniem, wówczas stosowane temperatury mogą być niższe. Smażeniu poddaje się tuszki lub elementy (filety) drobiu młodego, przede wszystkim kurcząt. Części przeznaczone do smażenia są zazwyczaj wcześniej panierowane. Panier spełnia wiele funkcji: pozwala zatrzymać wodę wewnątrz produktu, a tym samym poprawia soczystość,

nadaje specyficzny smak i aromat oraz atrakcyjną złocistą barwę. Produkty smażone ze względu na swoje walory sensoryczne cieszą się dużym powodzeniem na rynku, należy jednak podkreślić, że drób smażony i panierowany jest potrawą wysokokaloryczną [13].

Tabela 10.1

Skład chemiczny surowego i gotowanego mięsa kurcząt (%) [17]

Rodzaj	woda	białko	tłuszcz	zw. mineralne
surowe	68,9	20,51	4,52	1,23
gotowane	54,9	32,15	7,51	1,15

**Duszenie** jest to skojarzony zabieg powolnego gotowania z niewielką ilością wody i dodatkiem tłuszczu w temperaturze około 100°C w naczyniach zamkniętych – pod przykryciem. Duszenie ułatwia zatrzymywanie lotnych związków aromatycznych, co wpływa na wykształcenie bardziej charakterystycznego profilu smakowo-zapachowego mięsa. Mięso poddane procesowi duszenia jest delikatne i łatwo strawne. Zabieg duszenia rzadko stosuje się w warunkach przemysłowych.

**Pieczenie** jest to proces ogrzewania mięsa w atmosferze suchego powietrza w temperaturze 160–200°C. Tuszki lub elementy poddane pieczeniu charakteryzują się atrakcyjnym wyglądem, ponieważ skórka zewnętrzna nabiera specyficznej barwy złoto-brunatnej i chrupkiej struktury. Przez owinięcie tuszek w folię aluminiową lub specjalne worki foliowe, uzyskuje się dodatkowo efekt wysokiej soczystości i niższych strat cennych składników odżywczych. Straty masy powstałe w trakcie pieczenia zależą od technologii pieczenia oraz rodzaju surowca i mogą średnio wynosić 18 do 20%. Aktualnie popularnym systemem pieczenia drobiu jest pieczenie na ruszcie (*grill*) nad żarzącym się węglem. Ten sposób przyrządzania drobiu jest jednak kwestionowany przez dietetyków z uwagi na niekorzystne właściwości zdrowotne. Drób do pieczenia można przygotować w różny sposób, a mianowicie tuszki nastrzykiwać różnego typu substancjami aromatyzującymi w połączeniu z dodatkiem tłuszczu (oleju, masła) oraz na skalę przemysłową preparatami peklującymi lub poddawać marynowaniu. Odmianą pieczenia na rusztach jest pieczenie na rożnie (w piecach elektrycznych). Metoda ta zyskała dużą popularność zwłaszcza w przemyśle garmażeryjnym i gastronomii.

**Pasteryzacja i sterylizacja cieplna.** W obróbce pasteryzacyjnej efekt utrwalania żywności jest uzyskiwany w wyniku oddziaływania temperatur poniżej 100°C na formy wegetatywne drobnoustrojów. Niszczenie form przetrwalnikowych zapewnia sterylizacja prowadzona w temperaturach powyżej 100°C.

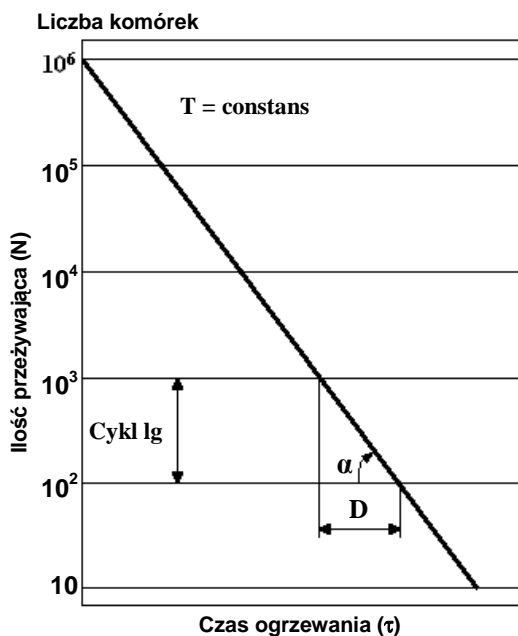
Utrwalanie produktów spożywczych za pomocą wysokich temperatur zostało zapoczątkowane u progu dziewiętnastego wieku przez Mikołaja Apperta, który dokonał pierwszego zabiegu sterylizacji. Z biegiem czasu idea sterylizacji żywności rozwijała się stopniowo i była dopracowywana, aż uzyskała współczesny kształt. Celem tego procesu jest praktyczne wyjałowienie produktu i umożliwienie wydłużenia okresu przechowywania w określonych warunkach nawet do kilku lat. W trakcie sterylizacji konserw w temp.

powyżej 100°C giną bakterie przetrwalnikujące, w tym z rodzaju *Clostridium*. Aktualnie produkuje się głównie konserwy drobiowe sterylizowane, a w mniejszym stopniu pasteryzowane.

**Konserwy drobiowe pasteryzowane** to przetwory z mięsa drobiowego nierozdrobnionego lub grubo-rozdrobnionego, poddane obróbce cieplnej w temp. poniżej 100°C, dla których skuteczność utrwalenia jest określona na podstawie tzw. liczby pasteryzacyjnej. Przykładem konserwy pasteryzowanej jest szynka. Konserwy drobiowe pasteryzowane powinny być przechowywane w warunkach chłodniczych w temp. 0–4°C [20].

**Konserwy sterylizowane**, są to przetwory z mięsa drobiowego i innych składników (wg receptury), które zostały poddane obróbce w temp. powyżej 100°C. Do konserw drobiowych sterylizowanych zaliczamy: konserwy mięsne w zalewach (rosół, sos), konserwy podrobowe, mielonki, szynka i paszety (patrz rozdz. 15) [20]. Przemysł drobiarski nie stosuje zabiegu kilkakrotnej pasteryzacji – tyndalizacji. Pasteryzacja, która obejmuje również proces obróbki w parze wodnej (parzenie), jest aktualnie łączona z innymi technikami, np. z chłodzeniem – tzw. technologia „cook and chill”, lub łączeniem łagodnego ogrzewania w temp. 50–60°C i pakowania próżniowego, czyli tzw. technika „sous-vide”.

Wyznaczanie warunków sterylizacji opiera się na kilku wskaźnikach, np. liczba D określa czas redukcji liczebności populacji danego gatunku drobnoustrojów, o jeden cykl logarytmiczny (tj. dziesięciokrotnie) wyznaczony doświadczalnie z krzywej przeżywania (rys. 10.1).

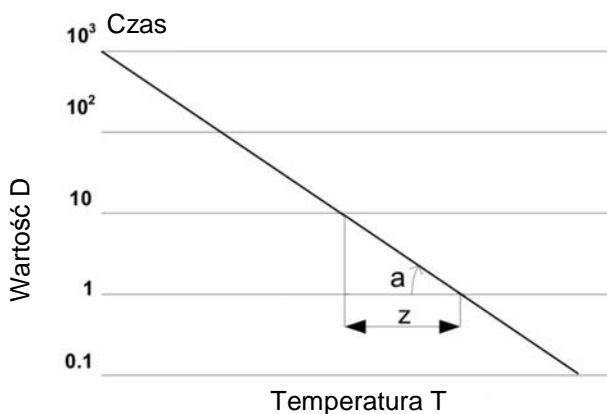


Rys. 10.1. Krzywa retencji składnika inaktywowanego w stałej temperaturze z jej parametrem D, określana jako krzywa przeżywania drobnoustrojów



Kolejnym parametrem jest liczba  $z$  określająca przyrost temperatury (liczbę stopni) konieczny do dziesięciokrotnej zmiany czasu redukcji dziesiętnej  $D$ , który można wyznaczyć z tzw. krzywej czasu śmierci cieplnej (rys. 10.2).

Znając oporność cieplną bakterii (liczbę  $z$ ), można określić tzw. wartość sterylizacyjną  $F$  (min.), tj. czas ogrzewania potrzebny do zmniejszenia populacji do wymaganego poziomu. Wartość sterylizacyjna odniesiona do warunków standardowych –  $F_0$  odpowiada czasowi ogrzewania (w minutach) w temperaturze  $121,1^\circ\text{C}$  ( $250^\circ\text{F}$ ) potrzebnemu do redukcji populacji drobnoustrojów, dla których  $z = 10^\circ\text{C}$  [30].



Rys. 10.2. Krzywa oporności cieplnej składnika inaktywowanego z jej parametrem  $z$ , znana z termobakteriologii jako krzywa TDT

## 10.2. Zmiany fizykochemiczne zachodzące w trakcie ogrzewania

Zmiany w białkach zachodzące w warunkach podwyższonej temperatury odgrywają szczególną rolę w kształtowaniu jakości wyrobów mięsnych. Najważniejszym zjawiskiem zachodzącym w trakcie ogrzewania jest denaturacja cieplna, w wyniku której zmieniają się podstawowe właściwości białek, jak np. rozpuszczalność, wodochłonność, aktywność enzymatyczna, zdolność do żelowania i emulgowania tłuszczu. W zależności od rodzaju białek ich przemiany przebiegają w różnych zakresach temperatur (tab. 10.2).

Skutki denaturacji cieplnej białek często badano na podstawie zmian ich rozpuszczalności, lepkości roztworów i fluorescencji oraz aktywności enzymatycznej, zwłaszcza ATP-azy miozynowej [7, 8, 28]. Aktualnie względnie nową techniką określania termicznych właściwości żywności i jej składników jest różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC). Istotną zaletą tej metody jest możliwość przeprowadzenia badań przemian termodynamicznych białek i lipidów w mięsie, tłuszczu tkankowym oraz w przetworach.

Generalnie tkanka mięśniowa wykazuje 3 zasadnicze przemiany w temp.  $54\text{--}58^\circ\text{C}$ ,  $65\text{--}67^\circ\text{C}$  oraz ok.  $80^\circ\text{C}$  [26].

Kijowski i Mast [12] przeprowadzili badania mięśni piersiowych kurcząt ogrzewanych z prędkością 10°C/min i uzyskali pięć charakterystycznych pików przemian, dwa główne w temp. 55,2°C i 77,7°C oraz trzy dodatkowe w temp. 62°C, 67°C i 72,8°C. Miofibryle mięśni kurcząt wykazują dwie główne przemiany termiczne związane z denaturacją (miozyny i aktyny) w temp. 55,2°C i 72,8°C (patrz rozdz. 5). Natomiast denaturacja globularnych białek sarkoplazmatycznych, mających swój początek w temp. 40–60°C (agregacja białek) zachodzi aż do zakresu temperatur 70–80°C [6, 26].

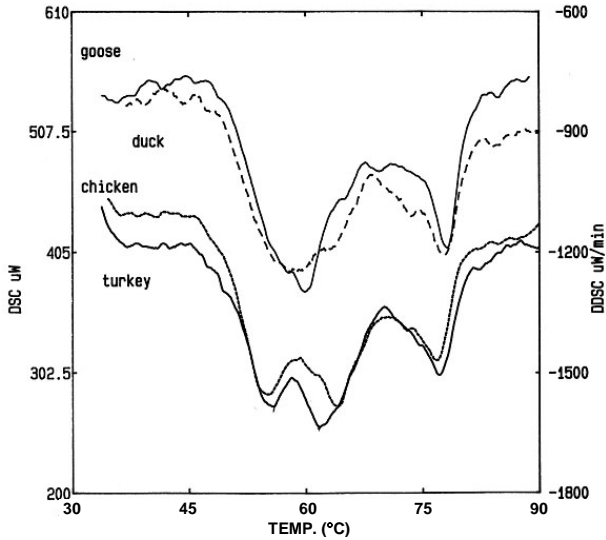
Tabela 10.2

Zmiany w białkach mięsa drobiowego w trakcie ogrzewania [12]

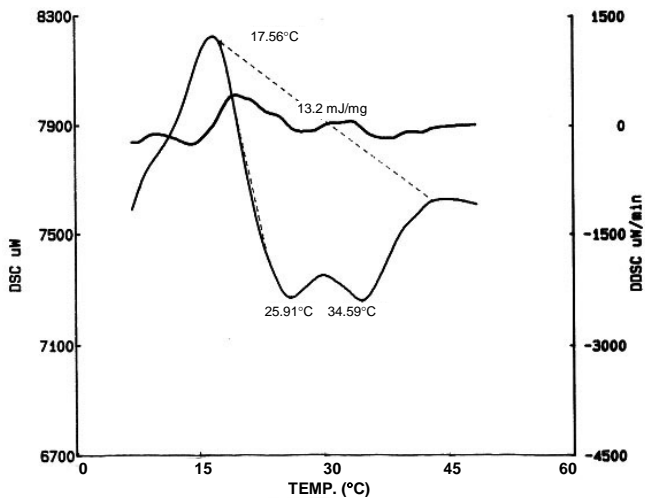
Rodzaj zmian	Temperatura (°C)
<b>Białka sarkoplazmatyczne:</b> utrata rozpuszczalności i denaturacja	40–60
<b>Białka miofibrylarne:</b> utrata rozpuszczalności miozyny denaturacja miozyny żelowanie (koagulacja) utrata rozpuszczalności aktyny odfałdowanie cząsteczek aktomiozyny denaturacja tropomiozyny i troponiny	40–50 53–65 57–75 < 80 < 70 30–70
<b>Kolagen:</b> skurcz włókien powstawanie żelatyny dezintegracja włókien	60–75 65 60–80
<b>Zmiany strukturalne:</b> skrócenie sarkomeru, zmiany średnicy włókien zanik podwójnego załamania światła zanik linii M, dezintegracja filamentów	40–50 54–56
<b>Zmiany kruchości:</b> denaturacja białek kurczliwych (1 etap twardnienia) skurcz włókien kolagenu (2 etap twardnienia) początek kruszenia	40–50 65–70 54

Prowadzono porównawczą analizę przemian termicznych w mięsie drobiu grzebiącego i wodnego, wykazując, że istnieją zasadnicze różnice w temperaturach maksymalnych przemian białek mięśni piersiowych w zależności od gatunku [21]. Termogramy przemian białek mięśni *pectoralis* i *semitendinosus* kaczek uzyskane techniką DSC wskazują na trzy obszary przemian endotermicznych dotyczących miozyny i jej subfragmentów białek sarkoplazmatycznych i białek tkanki łącznej od aktyny [29]. Mięśnie piersiowe drobiu wodnego wymagają dostarczenia większej ilości energii do osiągnięcia tego samego efektu cieplnego denaturacji niż mięśnie drobiu grzebiącego, co pokazano na rys. 10.3 przedstawiającym termogram mięśnia piersiowego indyka i gęsi.

Termogramy białek kurcząt przedstawiono również w rozdziale 5. Tak więc termogramy mogą być przydatne do identyfikacji gatunkowej mięsa poddanego obróbce termicznej. Wykazano również przydatność techniki DSC do określenia cech termicznych tłuszczu brojlerów kurzych (rys. 10.4) [25].



Rys. 10.3. Termogram białek tkanki mięśniowej drobiu grzebiącego i gęsi [14]



Rys. 10.4. Termogram tłuszczu sadełkowego kurcząt brojlerów [21]

Z termogramów wynika, że najbardziej istotne zmiany denaturacyjne w białkach mięśni piersiowych drobiu zachodzą w zakresie temperatur pomiędzy 40 a 80°C. Szybkość i zakres denaturacji zależne, poza temperaturą od czasu i szybkości ogrzewania oraz gatunku mięsa. Temperatura denaturacji nie jest stała, zależy ona od stanu fizjologicznego mięśni wyrażonego wartością pH. Najszybciej denaturacja zachodzi, gdy pH jest bliskie punktu izoelektrycznego białek. Soczystość i kruchość takiego mięsa nie są zadowalające, charakteryzuje się ono również dużym wyciekaniem cieplnym. To ostatnie zjawisko jest wynikiem denaturacji białek, która powoduje utratę zdolności utrzymywania wody oraz zmiany w stanie wiązania wody. Stosując nowoczesną technikę magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) [18], wykazano zmiany właściwości frakcji wody w temperaturze 42°C (początek denaturacji miozyny), 57°C (skurczenie wzdłużne miofibrili oraz początek denaturacji kolagenu) i 76°C (początek denaturacji aktyny).

**Najbardziej istotnym efektem obróbki termicznej jest kształtowanie kruchości mięsa.** Kolagen ulega przemianom (termohydrolyzie) w temp. 60–70°C, w konsekwencji czego rośnie kruchość mięsa. Temperatura to główny czynnik decydujący o obniżeniu twardości wywołanej przez kolagen, który jest odporny na działanie nawet wysokich ciśnień rzędu 200 MPa [15]. W mięsie drobiowym występuje tzw. prokolagen (nieodjrzała forma kolagenu), który łatwo pęcznieje w środowisku wodnym, dlatego mięso drobiowe nie wymaga długiej i intensywnej obróbki termicznej. Podczas pieczenia i smażenia kolagen hydrolizuje za pomocą wody uwalnianej z białek mięsa w wyniku denaturacji. Jeżeli proces smażenia lub pieczenia przebiega zbyt szybko i w zbyt wysokiej temperaturze, woda wyparuje, zanim nastąpi hydroliza kolagenu, dlatego do pieczenia i smażenia nadaje się drób tylko młody o małej ilości tkanki łącznej.

O kruchości mięsa młodego drobiu w istotnym stopniu decydują przemiany białek miofibrylarnych. Denaturacja tych białek zachodząca w temp. powyżej 40°C powoduje tzw. pierwszy etap twardnienia mięsa (tab. 10.2). Chociaż najbardziej termooporna tropomiozyna denaturuje aż do temp. 80°C [6]. W temperaturze ok. 54°C rozpoczyna się proces kształtowania kruchości mięsa związany ze zmianami w strukturze tkanki, tj. skrócenie sarkomeru i dezintegracja filamentów oraz zmniejszenie średnicy włókien mięśniowych, chociaż nie wykazano bezpośredniego związku między mniejszą średnicą włókien (jako miarą ubytku wody) a zmianami w kruchości mięsa drobiowego [16, 24]. W dalszych etapach (w temp. powyżej 60°C) następuje skurcz włókien kolagenu i następnie jego żelatynizacja, co w połączeniu z destrukcją poprzeczną miofibrili i powiększeniem się przestrzeni pomiędzy nimi prowadzi do kształtowania finalnej kruchości mięsa. Przekroczenie temperatury obróbki powyżej 70°C powoduje obniżenie kruchości i soczystości mięsa. Wynika to z zakończenia przemian fazowych wody w temp. ok. 66°C, co oznaczono techniką NMR, oraz występowania maksymalnego skrócenia włókien mięśniowych [18]. Całokształt modyfikacji chemicznych i fizycznych, jakie zachodzą w białkach w trakcie ogrzewania, obrazuje tabela 10.3.

W trakcie obróbki termicznej zmianie ulega również barwa całych tuszek, elementów kulinarnych oraz mięsa. Barwa zależy od ilości mioglobiny w mięśniach i stopnia jej denaturacji [7], przebiegającej w zakresie temperatur 50–60°C. Po przekroczeniu temp. 70°C, powyżej której następuje całkowita denaturacja białek sarkoplazmatycznych, w tym mioglobiny, barwa staje się szaro-brunatna. Zdecydowane przebarwienie zależy również od rodzaju mięśni, które poddaje się obróbce termicznej, np. mięśnie jasne piersiowe drobiu grzebiącego pod wpływem obróbki cieplnej w środowisku wodnym nabierają barwy szarej.

Zmiany barwy w mięsie drobiu pieczonego lub smażonego powstają w wyniku reakcji Maillarda oraz rozkładu tłuszczów i są pożądane przez konsumentów.

Tabela 10.3

Przemiany chemiczne i fizyczne białek mięśniowych [8]

Temperatura (°C)	Przemiany fizyczne(F), chemiczne (Ch)	Przemiany sensoryczne (S) Przemiany odżywcze (O)
30–35	<b>F</b> – początek denaturacji białek miofibrylarnych <b>Ch</b> – odsłanianie wolnych grup SH	
35–40	<b>F</b> – koagulacja białek, spadek wodochłonności, początek wycieku cieplnego, denaturacja b. sarkoplazmy początek twardnienia	<b>S</b> – początek
40–45	<b>F</b> – utrata rozpuszczalności białek miofibr., zakończenie koagulacji białek miofibryli wyciek <b>Ch</b> –interakcja białko-białko, uwalnianie jonów magnezu i wapnia	
45–50	<b>F</b> – zakończenie koagulacji białek miofibrylarnych, wyciek cieplny	
50–55	<b>Ch</b> – powstanie trwałych wiązań poprzecznych w zdenaturowanych białkach miofibrylarnych	
55–60	<b>F</b> – koagulacja białek sarkoplazmatycznych, wyciek, spadek wodochłonności, żelatynizacja kolagenu	
60–70	<b>F</b> – denaturacja mioglobiny, denaturacja i żelowanie kolagenu <b>Ch</b> – interakcja białko-białko	<b>S</b> – zmiana barwy, wzrost kruchości, początek wykształcania profilu smakowo-zapachowego
70– 80	<b>Ch</b> – utlenianie grup SH do SS, wydzielanie H <sub>2</sub> S	<b>S</b> – twardnienie mięsa <b>O</b> – straty aminokwasów siarkowych
80–90	<b>F</b> – drugi etap koagulacji białek sarkoplazmatycznych, <b>CH</b> – utlenianie cystyny do kw. cysteinowego, metioniny i do sulfotlenku sulfonu, wydzielanie merkaptanów, utlenianie lizyny i in. aminokwasów	<b>O</b> – straty przyswajalności <b>S</b> – wykształcenie smakowości

Obróbka termiczna jest zasadniczym czynnikiem wpływającym na wykształcenie specyficznego profilu smakowo-zapachowego mięsa, który w zasadniczym stopniu zależy od rodzaju obróbki cieplnej (gotowania, pieczenia, smażenia). Mięso surowe ma lekko metaliczny smak, który pochodzi od barwników hemowych. W trakcie gotowania, w wyniku denaturacji białek i przemian wyciągowych frakcji azotowych, wykształca się specyficzny smak mięsa gotowanego. Za smakowość mięsa gotowanego odpowiadają związki azotowe pierścieniowe oraz pochodne furfurołu, tiofenu i tiolanu. Związki te powstają w wyniku przemian aminokwasów siarkowych w temperaturach typowych dla obróbki

pasteryzacyjnej ok. 70°C. Smakowitość mięsa gotowanego jest związana głównie z hydrolizą białek oraz przemianami związków azotowych wyciągowych mięsa i występuje już przy łagodnej obróbce cieplnej, to jest w temp. 50°C. Smakowitość mięsa gotowanego ulega zmianom w miarę wzrostu temperatury.

W procesie pieczenia lub smażenia wykształca się inny profil smakowo-zapachowy, ponieważ w tych reakcjach biorą udział związki lipidowe (własne) i tłuszcz dodany, z których powstają aldehydy. W wyniku połączenia aldehydów z aminami i merkaptanami powstają tiokarbonyle, które odpowiadają za specyficzny profil smakowo-zapachowy mięsa intensywnie ogrzewanego [10, 13, 31]. Należy zwrócić również uwagę na niepożądane, niekorzystne z uwagi na wartość zdrowotną mięsa drobiowego związki typu heterocyklicznych amin aromatycznych zawierających pierścień N-metylo-2-aminoimidazolu, wykazujące zdolność modyfikowania DNA. Związki te powstają m.in. w czasie grillowania mięsa i występują na poziomie od 1 do 500 ppb [27].

Mięso ogrzewane, poddane przechowywaniu w temperaturach chłodniczych lub zamrażalniczych, charakteryzuje się powstawaniem specyficznego niepożądanego zapachu i smaku. Zmiany tego typu powstają w wyniku procesów utleniania fosfolipidów [16]. Powyższe zjawisko zostało szerzej opisane w rozdziale 7. W trakcie ogrzewania dochodzi również do znacznych strat składników odżywczych, w wyniku czego mięso lub jego produkty tracą na wartości żywieniowej. Stosowanie wysokiej temperatury prowadzi m.in. do rozkładu witamin. Stosowane obecnie metody krótkotrwałej obróbki utrwalającej w wysokich temperaturach (HTST, UHT) i aseptyczne pakowanie zmniejszają znacznie straty związków odżywczych.

Szczególnie duże zmiany chemiczne i fizyczne oraz wartości odżywczej zachodzą w trakcie sterylizacji. Stosowanie temperatur powyżej 90°C ma wpływ na główne składniki mięsa, a szczególnie białka, w mniejszym stopniu na lipidy i cukry. Dochodzi do żelatynizacji kolagenu oraz powstawania lotnych związków siarkowych, które wpływają na kształtowanie się typowego zapachu „konserwowego”. Powstałe lotne związki to: siarkowódzór oraz inne gazy, jak: metan, etan, propan, siarczki metylu [28]. W białkach dochodzi do zmian hydrolitycznych, powodujących wzrost zawartości peptydów i wolnych aminokwasów. Procesy hydrolityczne dotyczą również wiązań estrowych fosfolipidów, w wyniku czego uwalniają się nienasycone kwasy tłuszczowe. Zarówno utlenianie aminokwasów, jak i lipidów ma duży wpływ na kształtowanie profilu sensorycznego produktów. Przy dłuższym ogrzewaniu mogą tworzyć się związki z metalami, które przechodzą z opakowań do treści konserw, powodując nagromadzenie się wyższych ilości aldehydu malonowego, oznaczanego w reakcji z kwasem tiobarbiturowym (TBA). Wzrost liczby TBA występuje przy wydłużeniu czasu sterylizacji. Zmiany barwy zachodzą głównie na powierzchni wsadu konserwy i są spowodowane reakcjami Maillarda.

Do niekorzystnych odchyień jakości produktów powstających w procesach sterylizacji i pasteryzacji można zaliczyć: niepełne zniszczenie mikroflory bakteryjnej, zbyt słabe wykształcenie pożądaných cech sensorycznych, w tym kruchości [13]. Tego typu niekorzystne zjawiska występują, gdy temperatura obróbki termicznej jest zbyt niska.

Natomiast, gdy temperatury sterylizacji są za wysokie, może dochodzić do powstania nadmiernego wycieku termicznego, utraty właściwej tekstury, niekorzystnych zmian barwy, wystąpienia specyficznego posmaku „konserwowego” oraz zmniejszenia wartości odżywczej produktu poddanego obróbce cieplnej [11, 13, 31].

### 10.3. Suszenie

Zasada suszenia polega na usuwaniu wody jako procesu przenoszenia masy z produktu w wyniku dostarczonego ciepła. Suszenie jak i inne procesy utrwalania żywności są prowadzone w warunkach, które uwzględniają zachowanie pożądaných walorów żywności, takich jak: barwa, smak, zapach i wartość odżywcza.

Suszenie w słońcu i na wietrze było najstarszą metodą utrwalania mięsa, ryb i innych produktów spożywczych. W miarę jednak rozwoju innych technologii utrwalania żywności, takich jak: zamrażalnictwo i produkcja konserw pasteryzowanych czy sterylizowanych, suszarnictwo straciło na znaczeniu. Aktualnie procesy suszenia są stosowane głównie do utrwalania przetworów dojrzewających. Ponadto stosowana jest technika liofilizacji (suszenia sublimacyjnego), umożliwiająca zachowanie walorów odżywczych mięsa i innych surowców. Liofilizacja polega na usunięciu wody z produktu w stanie zamrożonym, przez sublimację lodu w warunkach obniżonego ciśnienia. Bezpośrednie przejście lodu w parę następuje w wyniku podgrzania materiału metodą kontaktową. Główna część procesu prowadzonego pod obniżonym ciśnieniem, tj. poniżej 250 Pa, przebiega przy ujemnej temperaturze surowca (szczególnie jego wnętrza) rzędu  $-20^{\circ}\text{C}$ . Końcowy etap prowadzony jest przy dodatniej temperaturze, jednak nie wyższej niż  $50^{\circ}\text{C}$  na powierzchni suszonego materiału. Para wodna odprowadzona w czasie procesu jest wymrażana w kondensatorze w temp. od  $-30$  do  $-50^{\circ}\text{C}$ . Liofilizacja materiału biologicznego, np. kultur mikroorganizmów, preparatów enzymów pochodzenia zwierzęcego, jest zazwyczaj prowadzona w łagodniejszych warunkach niż suszenie mięsa, tj. przy maksymalnej temperaturze powierzchni od  $21$  do  $32^{\circ}\text{C}$  i ciśnieniu w komorze poniżej 13,3 Pa [5].

Trwałość produktów suszonych zależy od ilości odprowadzonej wody w trakcie procesu. W trakcie suszenia mięsa w gorącym powietrzu dochodzi do niekorzystnych zmian barwy, smaku i zapachu, a produkt finalny trudno rehydratuje. Natomiast suszenie sublimacyjne, chociaż ma ograniczony zakres stosowania ze względu na koszty procesu, pozwala zachować pełną jakość oraz wysoką zdolność rehydratacji mięsa drobiu. Mięso drobiowe suszone sublimacyjnie jest dodawane do różnych produktów, takich jak zupy, sosy i inne koncentraty spożywcze.

Procesowi liofilizacji poddaje się najczęściej mięso drobiowe po uprzedniej obróbce termicznej, ponieważ mięso gotowane zawiera mniej wody (prawie o 30%, tab. 10.1). W procesie suszenia sublimacyjnego część drobnoustrojów ginie, ale przeżywające drobnoustroje mogą się namnażać w procesie rehydratacji. Skuteczność inaktywacji drobnoustrojów zależy od temperatury sublimacji i szybkości procesu. Mięso liofilizowane zawiera ok. 3,5% wody i jest trwale przechwalniczo nawet w temperaturze pokojowej oraz charakteryzuje się wysoką zdolnością rehydratacji. Nie ulega natomiast odtworzeniu cecha soczystości mięsa, co wynika m.in. z zamrażalniczych przemian denaturacyjnych miozyny.

Po liofilizacji zachowana jest w wysokim stopniu wartość odżywcza mięsa pomimo utraty substancji zapachowych. Zmienia się również barwa (ciemnieje) w wyniku reakcji Maillarda oraz oksydacji barwników hemowych. Zakres zmian zachodzących w mięsie liofilizowanym zależy od warunków przechowywania. Przy dostępie tlenu może dochodzić do zmian oksydacyjnych w tłuszczach i produkt nabiera zjełczałego oraz gorzkiego posmaku. Aktualnie wprowadzone metody pakowania ochronnego w próżni lub atmosferze kontrolowanej umożliwiają uniknięcie tych drastycznych zmian jakościowych [11].

## 10.4. Wędzenie

Jedną z najstarszych metod utrwalania żywności jest wędzenie. Podsuszanie mięsa w dymie było stosowane w wiekach prehistorycznych w celu zabezpieczenia mięsa z upolowanej zwierzyny. Jednakże praktyczny rozwój wiedzy o wędzarnictwie rozpoczął się dopiero w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku [7, 23, 28]. Utrwalanie w procesie wędzenia (wędzenie ciepłe i gorące) jest skojarzonym efektem kilku równolegle działających czynników: ogrzewania, suszenia, wzrostu koncentracji soli i bakteriostatycznego działania składników zawartych w dymie, takich jak: fenole, kwas octowy oraz formaldehyd. W przypadku wędzenia tzw. zimnego przetworów dojrzewających czynnikiem utrwalającym jest suszenie i działanie składników dymu [4, 14].

**Podstawowe funkcje procesu wędzenia mięsa i przetworów drobiarskich to:**

- **kształtowanie charakterystycznych cech jakościowych, tj. smaku i zapachu oraz barwy powierzchni produktów wędzonych;**
- **wydłużenie trwałości przetworów w wyniku działania bakteriostatycznego i przeciwtleniającego składników dymu.**

Czynnikiem konserwującym w procesie wędzenia są składniki dymu powstającego w wyniku pirolizy, tj. niepełnego spalania drewna.

Dym wędzarniczy zawiera ponad 400 związków chemicznych. Do najważniejszych należą: fenole, kwasy organiczne, związki karbonylowe (alkohole, aldehydy, ketony) i węglowodory (tab. 10.1). Niektóre z nich mogą niekorzystnie wpływać na bezpieczeństwo żywności. Na przykład 3,4-benzo( $\alpha$ )piren należący do występujących w dymie policyklicznych węglowodorów aromatycznych jest substancją działającą rakotwórczo. Jego poziom w produktach peklowanych, wędzonych i poddanych obróbce termicznej najczęściej nie przekracza 0,3 ppb (część na miliard), ale incydentalnie może być nawet dziesięciokrotnie wyższy [9]. W Niemczech, jako w jednym z nielicznych krajów, zawartość benzo( $\alpha$ )pirenu jest w wyrobach mięsnych limitowana na poziomie maksymalnym 1 ppb. Bazując na obecnym stanie wiedzy z tego zakresu [1, 2, 3, 5, 7], można stwierdzić, że skład chemiczny dymu wędzarniczego zależy od wielu czynników; najważniejsze z nich to rodzaj drewna, metody oraz temperatura wytwarzania dymu. Do wędzenia używa się wyłącznie drewna drzew liściastych, takich jak: buk, dąb, olszyna, akacja w formie klocków, zrąbków lub trocin. Jeżeli drewno jest zbyt wilgotne, dym jest ciemny i zawiera dużo sadzy oraz popiołu. Temperatura i dostęp powietrza mają zasadniczy wpływ na skład chemiczny dymu, który jest rodzajem aerozolu zawierającym zawieszony w powietrzu produkty niepełnego spalania drewna.

**Zmiany składników dymu oraz barwa zależą od temperatury w czasie spalania [22]:**

- **do 170°C – zachodzi suszenie drewna;**
- **w przedziale 200–260°C – piroliza pentozanów hemiceluloz, dym jasnobrązowy;**
- **w przedziale 260–310°C – piroliza celuloz, dym czerwonoróżowy;**
- **w przedziale 310–500°C – piroliza lignin, dym bezbarwny.**

Najbardziej optymalnym zakresem temperatury do wytworzenia dymu jest od 340 do 400°C [13, 22]. Dym wytwarzany jest w dymogeneratorach, a w praktyce stosuje się następujące metody wytwarzania dymu: żarową, cierną i parową [3].



Stosunkowo łatwą pod względem technicznym jest **metoda żarowa**. W metodzie tej trociny albo zrąbki są podawane przez lej zasypowy na gorącą płytę (zwaną płytą żarową). Do tej płyty od dołu doprowadzane jest powietrze, a wytworzony dym przenoszony jest do komory wędzarniczej za pomocą strumienia powietrza. W trakcie procesu dochodzi do niskotemperaturowego odgazowania drewna, tj. wypleniania, i wydziela się wówczas wiele związków organicznych, które biorą udział w kształtowaniu typowego profilu aromatu wędzarniczego. Podczas wytwarzania dymu ze zrąbków drewnianych istotną rolę odgrywa stopień rozdrobnienia drewna. Im większe są cząstki, tym więcej powietrza można wprowadzić do ich złoża, w wyniku tego osiąga się wyższą temperaturę, co może decydować o odmiennym składzie dymu, niż gdy używa się trocin. Podczas stosowania zrąbków drewnianych w wytworzonym dymie jest większa zawartość substancji smolistych, nadających ciemniejszą barwę produktom wędzonym. Metoda żarowa jest metodą egzotermiczną, w której energia cieplna konieczna do pirolizy drewna dostarczana jest w trakcie spalania wiórków-zrąbków [3].

**W metodzie ciernej** klocek drewna, najczęściej bukowego, dociskany jest do szybko obracającego się rowkowanego walca. Na powierzchni walca w wyniku tarcia dochodzi do podwyższenia temperatury (350–450°C) i do wytwarzania dymu. Ilość uzyskanego dymu reguluje się przez zmianę wywieranego na klocek lub zmianę ilości powietrza doprowadzanego do wytwornicy.

**W metodzie parowej** dym powstaje w wyniku działania przegrzanej pary wodnej niskoprężnej (o temp. 300–400°C) zmieszanej ze sprężonym powietrzem na zrąbki drewna. Mieszanina pary wodnej i powietrza powoduje pirolizę drewna. Wytworzony dym doprowadzany jest do komory wędzarniczej. W trakcie doprowadzania dym zostaje wychłodzony do temp. ok. 80°C, co powoduje wzrost jego wilgotności, stąd nazywa się go często dymem parowym lub kondensatowym. System ten stosowany jest do procesu wędzenia gorącego [1].

W przemyśle drobiarskim stosuje się często tradycyjne wędzenie owiewowe z wykorzystaniem dymu wytwarzanego w dymogeneratorach. W celu uzyskania lepszych efektów smakowych, a równocześnie wyeliminowania niepożądanych dla zdrowia składników zawartych w dymie, stosuje się **preparaty dymu wędzarniczego**. Wytwarzanie preparatu polega na skropleniu składników dymu i następnie selektywnej obróbce umożliwiającej usunięcie składników szkodliwych dla zdrowia. Zawartość benzo( $\alpha$ )piranu w preparatach dymu wędzarniczego dobrej jakości jest znikoma. Koncentraty te można podzielić na produkty o wysokiej i niskiej zawartości związków karbonylowych, w zależności od składu wpływają one w różnym stopniu na teksturę przetworów wędzonych [17].

Dym wędzarniczy działa głównie na formy wegetatywne bakterii, w mniejszym stopniu na przetrwalniki i pleśnie. Mikroorganizmy przeżywające proces wędzenia należą głównie do bakterii Gram-dodatnich i pleśni. Efekt bakteriobójczy dymu wędzarniczego zależy od temperatury, a jego działanie dotyczy głównie powierzchni produktu. Wędzenie gorące przeżywa nieliczna ilość mezofili. Natomiast wędzenie nie zabezpiecza m.in. przed wytwarzaniem toksyn przez *Clostridium botulinum* typu E [5, 13, 30].

Trwałość wędzonych i parzonych produktów drobiowych uzależniona jest przede wszystkim od stopnia wyjściowego zakażenia surowca. Trwałość tuszek i elementów wędzonych wynosi 3 tygodnie w temp. 4°C. Wędzenie lub zastosowanie preparatów wędzarniczych zwiększa zatem trwałość i wydłuża czas przydatności konsumpcyjnej mięsa drobiu [19].

Dym wędzarniczy ma również, dzięki obecności fenoli, działanie przeciwutleniające. Najsilniejsze działanie przeciwutleniające wykazują 3-metylopirokatechina, 4-metylopirokatechina oraz pirogallol (tab. 10.4). Podobnymi właściwościami odznaczają się kwasy: mrówkowy, benzoesowy, salicylowy oraz aldehydy. Skład dymu wędzarniczego wytworzonego metodą tradycyjną przedstawia tabela 10.4.

Tabela 10.4

Działanie podstawowych substancji chemicznych na produkt poddany wędzeniu [2]

Działanie	Związki chemiczne
Konserwowanie mikrobiologiczne	aldehydy (formaldehyd), kwasy (kwas octowy, mrówkowy)
Przeciwutleniające	fenole i ich związki
Aromatyzowanie	fenole (gwajakol, syringol), związki karbonylowe, laktony
Barwa	związki karbonylowe (glikolaldehyd)

Dym wędzarniczy wpływa nie tylko na ograniczenie zmian oksydacyjnych w mięsie, ale również kształtuje walory sensoryczne produktów. Składniki odpowiedzialne za kształtowanie smaku i zapachu to przede wszystkim związki karbonylowe, kwasy i fenole. Frakcja wywołująca smak wędzoności nie jest jednorodna i składa się ze związków zawierających różne grupy funkcyjne. Najczęściej wskazuje się na związki karbonylowe, szczególnie aceton, wanilinę oraz aldehydy. W dymie wędzarniczym z drewna miękkiego przeważają fenole gwajakolowe. Związki te decydują o zróżnicowaniu walorów smakowych wędzonych przetworów mięsnych. Za aromat wędzonych przetworów mięsnych odpowiadają związki fenolowe: 4-metylogwajakol, izoeugenol, dimetylofenol i aldehyd syringowy. Pochodne furanu i furfurołu przyczyniają się do tworzenia aromatu wędzonych wyrobów, nadając mu nutę słodkavo-karmelową.

Powstawanie specyficznej barwy produktów wędzonych wynika z reakcji związków karbonylowych dymu z wolnymi grupami aminowymi białek mięsa. W wyniku działania ciepła kwaśne składniki dymu wpływają na koagulację powierzchniową białek, co powoduje powstawanie skórki na powierzchni wędzonych wyrobów nieosłonkowych. Za kształtowanie ciemnego, charakterystycznego zabarwienia przetworów wędzonych odpowiada pirol i pirazyna. Uważa się, że związki N-heterocykliczne działają katalitycznie na tworzenie pigmentów w wyniku reakcji grup karbonylowych z aminowymi.

Zarówno fenole, jak i polifenole reagują z grupami SH białek, co wpływa na zmniejszenie ich wartości odżywczej. Antyutleniający wpływ dymu wędzarniczego oddziałuje z kolei na stabilizację witamin rozpuszczalnych w tłuszczach i zapobiega powierzchniowej oksydacji. Skład chemiczny dymu wędzarniczego może być różny, zależy on przede wszystkim od temperatury i wilgotności. Zbytne rozcieńczenie aerozolu powietrzem doprowadza do zmiany stanu równowagi poszczególnych komponentów dymu, co wpływa na zmianę smakowości i barwy wędzonych produktów. Wzrost wiedzy i wymagań konsumentów w zakresie bezpieczeństwa żywności powoduje, że proces wędzenia oraz wytwarzania dymu musi być prowadzony w sposób kontrolowany, zapewniający minimalizację powstawania substancji stanowiących zagrożenie zdrowia [1, 30].

Tradycyjnym wyrobem z mięsa drobiowego są półgęski wędzone, uzyskane z mięśni piersiowych dobrze wytuczonych gęsi. Często produkowano je z gęsi poddawanych przymusowemu tuczowi kukurydzą. Są to produkty ze skórą, peklowane i wędzone. Aktualnie przemysł drobiarski proponuje wiele asortymentów wędzonych lub podwędzanych produktów, do których zaliczamy wędzone tuszki kurcząt i ich elementy oraz wędzone elementy z indyka (pierś, udo, podudzie).

## 10.5. Streszczenie

Obróbka cieplna jest jedną z metod utrwalania mięsa, jak również stanowi zabieg, w trakcie którego mięso nabiera pożądanych cech sensorycznych, takich jak: smak, zapach, kruchość i soczystość. Tradycyjne metody obróbki cieplnej to: gotowanie, smażenie, pieczenie ewentualnie duszenie. W wyniku działania wysokiej temperatury dochodzi do zmian fizycznych oraz chemicznych w białkach i tłuszczu, dzięki czemu mięso nabiera odpowiednich walorów sensorycznych. Podstawowe metody utrwalania mięsa i przetworów przy zastosowaniu obróbki termicznej to pasteryzacja przeprowadzana w temperaturze poniżej 100°C i sterylizacja w temperaturach powyżej 100°C umożliwiającą zabicie form przetrwalnikujących drobnoustrojów. Ponadto w trakcie obróbki termicznej dochodzi do niekorzystnych zmian, takich jak: powstanie wycieku cieplnego i strat wartości odżywczej produktu. Ich rozmiar zależy od czasu i temperatury ogrzewania.

Mięso drobiowe można również utrwalać poprzez suszenie. Suszenie mięsa gorącym powietrzem ma aktualnie niewielkie znaczenie, natomiast techniką rozwijającą się jest suszenie sublimacyjne. Najczęściej procesowi suszenia sublimacyjnego poddaje się mięso po uprzedniej obróbce termicznej. Mięso liofilizowane jest stosowane w produkcji różnych koncentratów spożywczych, jak: zupy, sosy itp. Oprócz wymienionych metod obróbki termicznej do utrwalania produktów drobiarskich stosowany jest proces wędzenia. Wędzenie jest najstarszym zabiegiem utrwalającym, przy czym bardzo istotna jest jego funkcja kształtowania profilu smakowo-zapachowego produktów drobiarskich. Dym wędzarniczy powstający w wyniku pirolizy drewna składa się z wielu związków chemicznych, które nadają specyficzny aromat i barwę produktom. Ma on również właściwości bakteriostatyczne i przeciwtleniające. Niektóre składniki dymu mają działanie kancerogenne, w związku z czym stosuje się preparaty, z których usunięto substancje szkodliwe dla zdrowia.

## Piśmiennictwo

- [1] Anonim: 1996. Klimatyzowanie, dojrzewanie, wędzenie i ogrzewanie w jednym cyklu roboczym. Mięso i Wędliny, 3, 16–18.
- [2] Anonim: 1996. Podstawy technologii wędzenia, [w:] Mięso i Wędliny, 3, 12–13, 14–15.
- [3] Anonim: 2001. Dym wędzarniczy: wpływ techniki wędzenia na skład dymu. Mięso i Wędliny, 6, 37–39.
- [4] Anonim: 2004. Wędzenie pod kontrolą, bezpieczne i ekonomiczne. Mięso i Wędliny, 3, 16–20.
- [5] Barbut S.: 2002. Preservation by chilling heating and other means (Chapt.7), [in:] Poultry products processing. CRC Press. Boca Raton, London, New York.

- [6] Belyaeva M. A.: 2003. Change of meat proteins during thermal treatment. *Chem. Natural Compounds*, 39, 408–409.
- [7] Cassens R.G.: 1994. Meat preservation (Preventing losses and assuring safety). Food Nutrition Press Inc. USA, Chapter 5.
- [8] Hamm T.R.: 1977. Changes of muscle proteins during the heating of meat, [in:] Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing Eds., Hyem T., Kvie O. Applied Science Publ. London.
- [9] Jira W.: 2004. A GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). *Eur. Food Res. Technol.*, 218, 208–212.
- [10] Karel M., Lubusa T.P.: 1963. Non enzymatic browning in model system containing sucrose, *J. Agr. Food. Chem.* 16.
- [11] Karel M.: 1980. Teoria procesów suszenia, [w:] Nowe metody zagęszczania i suszenia żywności. Mat. Symp. IUFOST. Red. Spicer A. WNT, Warszawa.
- [12] Kijowski J., Mast M.G.: 1988. Thermal properties of proteins in chicken broiler tissue. *J. Food Sci.*, 53, 363–366.
- [13] Kijowski J.: 1993. Metody utrwalania mięsa drobiowego, [w:] Technologia mięsa drobiowego. Red. Grabowski T. WNT, Warszawa.
- [14] Klettner P.G.: 1979. Heutige Rauchertechnologien bei Fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft*, 1, 17–24.
- [15] Ma H., Ledward D.A.: 2004. High pressure/thermal treatment effects on the texture of beef muscle. *Meat Sci.* 68, 347–355.
- [16] Malczyk E., Smolińska T.: 1999. Wpływ rodzaju obróbki cieplnej i czasu przechowywania na jakość peklowanego i niepeklowanego mięsa kurcząt. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Technol. Żywn.* XIII, 364, 25–43.
- [17] Martinez O., Salmeron J., Guillen M.D., Casas C.: 2004. Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavourings. *Food Control*, 15, 457–461.
- [18] Micklander E., Peshlov B., Purslow P.P., Engelsen S.B.: 2002. NMR cooking: monitoring the changes in meat during cooking by low-field H-NMR. *Trends Food Sci. Technol.*, 13, 341–346.
- [19] Niewiarowicz A., Pikul J., Kijowski J.: 1991. Sposoby przedłużania trwałości mięsa drobiu odzyskanego mechanicznie przechowywanego w stanie zamrożonym. *Gosp. Mięś.*, XLIII, 4, 21–23.
- [20] Polska Norma (PN-A-86525): 1996. Produkty drobiarskie: Konserwy drobiowe.
- [21] Popiel A.K., Smolińska T., Zajac B.: 1997. Thermal characteristics of myofibrillar proteins comparative study of different poultry species. *Proceed. XIII Europ. Symp. Quality Poultry Meat*, WPSA Poland, Poznań, 305–310.
- [22] Schmidt G.R.: 1986. Processing and fabrication: [in:] Muscle as food. Ed. Bechtel P.J. Academic Press, Orlando.
- [23] Sikorski Z.E.: 1980. Technologia żywności pochodzenia morskigo. WNT, Warszawa.
- [24] Smolińska T.: 1988. Wpływ obróbki cieplnej na skład chemiczny mięsa drobiu (praca niepublikowana).
- [25] Smolińska T.: 1999. Termiczna charakterystyka tkanki tłuszczowej brojlerów żywionych paszą wzbogaconą olejami roślinnymi i witaminą E. Sprawozdanie merytoryczne z grantu KBN, Nr, PBO55/P06/97/1.
- [26] Tornberg E.: 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products *Review Meat Sci.* 70, 493–508.
- [27] Turesky R.J.: 2006. Formation and biochemistry of genotoxic heterocyclic aromatic amines in cooked meats. *Toxicology Letters* 164S, 61.
- [28] Uchman: 1976. Ciepłne zmiany białek mięsa i ryb, [w:] *Gosp. Mięś.*, 10, 24–28.

- 
- [29] Wołoszyn J.: 2002. Charakterystyka fizykochemiczna i technologiczna mięśni kaczek tuczonych przymusowo. Rozpr. Hab., Prace Naukowe AE im. O. Langego we Wrocławiu.
- [30] Ziemia Z.: 1980. Podstawy cieplnego utrwalania żywności. WNT, Warszawa, 231–235.
- [31] Ziemińska H., Ziemia Z.: 1980. Podstawy metod utrwalania surowców rzeźnych. Ogrzewanie jako metody utrwalania, [w:] Technologia mięsa. Red. Pezacki W., WNT, 273–276, 311–317.



# 11.

## UTRWALANIE MIĘSA DROBIU ZA POMOCĄ NISKICH TEMPERATUR

*Teresa Smolińska*

### 11.1. Schładzanie

Utrwalanie za pomocą niskich temperatur, a szczególnie schładzanie i przechowywanie w temperaturach chłodniczych (-1–4°C), jest nadal podstawową techniką wydłużania trwałości mięsa drobiu, bowiem konsument preferuje mięso sprzedawane w stanie świeżym – schłodzonym.

W wyniku schłodzenia mięsa drobiu następuje wydłużenie fazy wzrostu drobno-ustrojów, jak również zwolnienie przebiegu reakcji biochemicznych, których część podlega prawu van't Hoffa, tj. 2–3-krotnemu zmniejszeniu tempa przemian przy obniżeniu temp. o 10°C [2]. Temperatura początkowa ciała ptaka przed ubojem wynosi ok. 40°C, w momencie skierowania do wychładzania, tj. po patroszeniu (15–20 min po uboju) kształtuje się w zakresie 30–35°C w zależności od temperatury otoczenia i powinna być obniżona do poziomu 4°C lub niżej. Wychładzanie prowadzi się przez zastosowanie różnego rodzaju metod, a **tempo obniżania temperatury w czasie schładzania tuszek drobiowych zależy od takich czynników, jak:**

- różnica temperatur pomiędzy tuszką a medium zastosowanym do schładzania,
- stosunek powierzchni tuszki do jej objętości,
- współczynnik przewodzenia ciepła,
- skład chemiczny mięsa (a szczególnie ilość tłuszczu zapasowego w tuszce).

Obliczenie ogólnej ilości ciepła (Q), które należy odprowadzić z masy tuszki, przeprowadza się według następującego wzoru:

$$Q = mC (tp - tk)$$

gdzie: m – masa ciała,

C – ciepło właściwe mięsa kJ/(kg x K),

tp – temp. początkowa,

tk – temp. końcowa.

Ciepło właściwe (C) jest współczynnikiem, określającym ilość ciepła potrzebną do zmiany temperatury ciała o 1°K. W odniesieniu do mięsa drobiowego podaje się wielkość C wynoszącą 3,34 kJ/(kg x K) [63].

Przechowywanie mięsa w temperaturach chłodniczych (najczęściej 0–4°C) wymaga z jednej strony szybkiego i skutecznego obniżenia temperatury w całej objętości produktu aż do uzyskania założonych warunków przechowywania; z drugiej zaś ważnym elementem jest utrzymywanie temperatury na stałym poziomie przez cały okres przechowywania. Sterowanie temperaturą podczas przechowywania wpływa nie tylko na tempo namnażania się drobnoustrojów na powierzchni tuszek drobiu, ale także modyfikuje przebieg procesów endogennych związanych z dojrzewaniem mięsa, podczas których nabiera ono cech pożądanых przez konsumentów [10]. Opis podstawowych technik schładzania z zastosowaniem metod: immersyjnej, owiewowej i kombinowanej przedstawiono w rozdziale 9, gdzie również podano wartości zużycia wody w poszczególnych systemach. Wskaźniki te decydują o absorpcji wody przez tuszki.

### Retencja wody w tuszkach

W trakcie schładzania tuszek może dochodzić do nadmiernej absorpcji wody przez skórę i mięśnie; zjawisko to jest niekorzystne z punktu widzenia jakości drobiu oraz może prowadzić do nadużyć, dlatego powinno być ściśle kontrolowane. Próby uzyskania jak największej wydajności gotowego produktu przez wydłużenie czasu schładzania lub podniesienie temperatury wody schładzającej spowodowały, że w UE wprowadzono normy zawartości wody obcej w tuszkach.

Zarządzenia i przepisy wykonawcze UE [1, 6, 42] stwarzają możliwość kontroli ilości wody wchłoniętej w trakcie wychładzania, jak też ubytku wody podczas rozmrażania tuszek. Mrożone lub głęboko mrożone tuszki kurcząt mogą być sprzedawane na obszarze Unii Europejskiej pod warunkiem, że zawartość wody obcej nie przekroczy tzw. wartości technicznie nieuniknionych. Przy tym w zależności od metody wychładzania podaje się **wartości graniczne zawartości wody obcej w tuszkach**, które są następujące:

- **chłodzenie powietrzem – 1,5%,**
- **chłodzenie powietrzno-natryskowe – 3,3%,**
- **chłodzenie immersyjne – 5,1%.**

Absorpcja wody w schładzalniku przy zastosowaniu metody immersyjnej jest większa, gdy dodatkowo włączane jest sprężone powietrze do wody w celu szybszego wychłodzenia tuszek. Zachodzi również współzależność pomiędzy stopniem absorpcji a czasem schładzania i temperaturą wody. Im dłuższy czas przebywania tuszek w wodzie i wyższa jej temperatura, tym zwiększa się ilość zaabsorbowanej wody przez tuszki.

Badania Woś i Zioteckiego [61] wskazują na dosyć wysoki poziom wody wchłoniętej przez tuszki brojlerów kurczych (do 7%). Najczęściej podaje się, że ilość wchłoniętej wody wynosi od 5 do 10% masy tuszek, a nadmiar wchłoniętej wody zostaje usunięty w trakcie ociekania. Operacja ta zabezpiecza przed nadmiernym wyciekaniem wody do worków foliowych i innych opakowań stosowanych dla drobiu schłodzonego [46, 50]. **Ilość wody pozostałej po ociekaniu określa się mianem retencji i wynosi ona ok. 4,5%** [63].

Podstawowa ilość wody zostaje usunięta z tuszek w pierwszych 4 min ociekania, przy czym cały proces ociekania trwa ok. 15–16 minut. Wykazano, że 16-minutowe ocie-



kanie tuszek podwieszonych na transporterze usuwa do 50% wody wchłoniętej w trakcie schładzania metodą immersyjną.

### Metody oznaczania retencji wody

**Metoda przemysłowa** (test zakładowy), znana w literaturze jako metoda fizyczna (Inplant), jest stosowana powszechnie w zakładach przemysłu drobiarskiego. Polega ona na ważeniu tuszek po myciu, schładzaniu i ociekaniu, co pozwala na określenie ilości wody przyjętej w czasie schładzania i pozostałej po ociekaniu, tj. określeniu stopnia retencji wody obcej. Test przeprowadza się na 20 tuszkach [42]. Nieznana jest ilość wody wchłoniętej podczas innych operacji technologicznych, jakkolwiek przyjmuje się, że ilość ta wynosi ok. 3% [50, 64]. Metoda ta wykorzystywana jest w USA, jak również została przyjęta w krajach UE.

**Metoda ociekowa** polega na pomiarze ilości wycieku z tuszek zamrożonych i poddanych rozmrożeniu w określonej temperaturze i czasie [42]. Nie zalicza się jej do precyzyjnych metod, ale jest szybka i nieskomplikowana, służy do wykrywania nadmiernych ilości wody w mrożonych tuszkach drobiowych. Holenderska metoda Drip jest metodą szybkiego określenia zawartości wody obcej w tuszkach. Wyciek z rozmrożonych w sposób kontrolowany tuszek jest miarą pobranej wody podczas obróbki poubojowej. Na wynik tej metody mają wpływ: przebieg procesu uboju i schładzania, technika zamrażania oraz sposób rozmrażania [50, 64].

**Metoda chemiczna** opiera się na istniejącej współzależności pomiędzy poziomem wody fizjologicznej w mięsie drobiu a zawartością białka. Fizjologiczna zawartość wody w odtłuszczonych częściach tuszki jest stała w danym gatunku drobiu i wynosi w odniesieniu do kurcząt ok. 77,9%, choć w pewnym stopniu zależy od rasy drobiu [50]. Metoda ta w porównaniu z innymi ma tę zaletę, że ujmuje ilość wody wchłoniętej w czasie całego procesu obróbki poubojowej. W celu oznaczenia całkowitej zawartości wody należy próbkę tuszki poddaną homogenizacji wysuszyć do stałej masy i równolegle oznaczyć zawartość białka. Oznaczoną całkowitą zawartość wody porównuje się z wartością graniczną, wyliczoną na podstawie podanego poniżej wzoru. Przekroczenie wartości granicznej wskazuje na wchłonięcie nadmiernej ilości wody w procesie [42].

Wzór do obliczenia wartości granicznej wody dla schładzania zanurzeniowego przyjmuje postać:

$$WG = 3,93 x + 42$$

gdzie: WG – najwyższa dopuszczalna całkowita zawartość wody wyrażona w (g),

x – ilość gramów białka surowego.

Końcowa temperatura drobiu zależy od metody i szybkości schładzania. Szybkość schładzania ma związek z wieloma czynnikami, między innymi z kształtem i wielkością tuszek, rodzajem drobiu lub elementów, medium schładzającym. W praktyce dobór metody schładzania zależy od technicznych i ekonomicznych możliwości zakładu ubojowego drobiu oraz od przeznaczenia produktu finalnego, tzn. czy ma być on dostarczany na rynek w postaci drobiu świeżo schłodzonego względnie przeznaczonego do zamrażania. Technologia pośrednią jest stosowanie metod tzw. głębokiego schładzania.

## Alternatywne techniki schładzania drobiu

**Głębokie schładzanie lub podmrażanie** jest jedną z alternatywnych metod utrwalania stosowanych w przemyśle drobiarskim. Aktualnie istnieją tendencje zmierzające do przedłużenia trwałości drobiu schłodzonego przez przechowywanie w temperaturach niższych aniżeli 0°C, ale bez wystąpienia zjawiska krystalizacji wody, czyli w temperaturach wyższych od temperatury krioskopowej. Temperatura ta w odniesieniu do mięsa drobiu wynosi od -0,8 do -1,8°C [56]. Stosowane są również temperatury poniżej tej wartości.

Jedną z możliwości jest przeprowadzenie schładzania dwuetapowo, to jest wstępnie w temp. 5°C przez godzinę, a następnie chłodzenie przez kolejne 1,5 godziny w temp. 0°C. W wyniku takiego zabiegu końcowa temperatura wewnątrz tuszki osiąga ok. 1°C. Następnie drób taki przechowywany jest w temp. od -2 do +4°C. Metody te określa się jako „super chilling”. Firma Stork (Boxmeer, Holandia) proponuje metodę „infra chilling”. Istotną rolę w tej metodzie odgrywa możliwość regulacji szybkości nadmuchu powietrza, pozwala to na szybkie schłodzenie najgłębszych partii tuszki (np. mięśni piersiowych) oraz dobry stopień wyrównania temperatury w całej objętości [6]. Drób tzw. głęboko schładzany tą metodą wykazuje całkowicie cechy drobiu świeżego i charakteryzuje się dobrą trwałością.

W technologii podmrażania (ang. „deep chilling”) tuszki, wstępnie schłodzone do temp. 4–6°C (lub bez wstępnego schładzania), są pakowane w worki foliowe i poddawane w tunelu zamrażalniczym działaniu powietrza o temp. ok. -40°C do osiągnięcia temp. od 0 do -2°C. Tak przygotowany drób może być przechowywany w temp. od -1 do -3°C (a więc praktycznie blisko lub poniżej temperatury krioskopowej) przez okres ok. 3 tygodni. Przedłużenie trwałości drobiu świeżego w temperaturze poniżej krioskopowej jest trudne do wykonania w warunkach przemysłowych, ponieważ temperatura przechowywania musi być bardzo stabilna. Jeżeli dochodzi do wahań temperatury mięsa, może nastąpić kilkakrotne rozmrażanie i zamrażanie, co doprowadza do pogorszenia jakości mięsa [6, 7, 9, 10, 35, 38].

Powszechnie stosowaną przez przemysł metodą wydłużenia trwałości drobiu świeżego, w tym całych tuszek i elementów, pakowanych lub nie w osłonki foliowe, jest przetrzymywanie w lodzie łuskowym. Mięso drobiowe w elementach (kawałkach) może być wprowadzane do obrotu bez opakowania jednostkowego w krajach UE tylko na rynki lokalne [1]. Zastosowanie lodu łuskowego obniża temperaturę i utrzymuje ją na jednako- wym poziomie oraz zapobiega wysychaniu, ale ma również szereg mankamentów, ponieważ wymaga dużych ilości lodu, podnosi masę opakowań transportowych i stanowi problem natury higienicznej. Lód, topiąc się, miesza się z wyciekami z mięsa, który stanowi dobre środowisko do rozwoju mikroflory. Istnieje możliwość zasypywania pojemników z drobiem lodem (śniegiem) z dwutlenku węgla. Zastosowanie dwutlenku węgla ma istotne znaczenie dla wydłużenia trwałości tuszek [59].

Stosowanie opakowań indywidualnych, tj. osłonek foliowych bez ewakuacji powietrza może polepszyć warunki higieniczne, ale ma niewielki wpływ na wydłużenie okresu przydatności drobiu do spożycia [18, 24, 31, 64, 65]. Krala [19, 20] w przeprowadzonych badaniach udowodnił, że ubytki powstałe w trakcie chłodniczego przechowywania filetów z mięsa indyków i kurcząt pakowanych w worki z folii polietylenowej zamknięte bez odpowietrzania oraz w pojemnikach metalowych, w których obniżono ciśnienie powietrza do 5 hPa, wynosiły w przypadku mięsa kurcząt od 3,5 do 4,3%, a w odniesieniu do filetów z mięsa indyków od 2,7 do 3,4% bez względu na system pakowania.

## 11.2. Wpływ chłodzenia i przechowywania na jakość mięsa drobiu

### Zmiany mikrobiologiczne

Temperatura przechowywania jest najważniejszym czynnikiem wpływającym na trwałość tuszek drobiu. Stosowane najczęściej w praktyce temperatury wahają się od -1 do 4°C i nawet w tym wąskim przedziale występuje zróżnicowanie tempa wzrostu mikroorganizmów.

Trwałość tuszek drobiowych przetrzymywanych w temperaturach chłodniczych (tj. 0–4°C) zależy przede wszystkim od obecności mikroflory, głównie tlenowej. Zasięg zmian mikrobiologicznych oraz ich tempo zależy od wielu czynników, w tym przyżyciowych, związanych z higieną utrzymania i transportu drobiu do ubojni, jak również kolejnych operacji poubojowych, a szczególnie metody wychładzania drobiu [4, 5]. Porównując stan mikrobiologiczny tuszek wychładzanych metodą immersyjną i powietrzno-natryskową, stwierdzono niższą ogólną liczbę drobnoustrojów u drobiu schładzanego metodą powietrzno-natryskową. Ogólna liczba drobnoustrojów u drobiu schładzanego metodą immersyjną kształtuje się na poziomie  $3,7 \times 10^4/\text{cm}^2$ , natomiast przy stosowaniu metody powietrzno-natryskowej ilość drobnoustrojów jest mniejsza i osiąga  $8,1 \times 10^3/\text{cm}^2$  [4, 6, 7].

Trwałość tuszek zależy przede wszystkim od tempa rozwoju mikroflory gnilnej w danej temperaturze przechowywania. Im temperatura jest niższa, tym dłuższa jest faza spoczynkowa przed rozpoczęciem wzrostu danej populacji bakterii, np. obniżenie temperatury przechowywania o 5°C zwiększa trwałość tuszek o kilka dni (tab. 11.1).

Tabela 11.1  
Wpływ temperatury przechowywania i liczby bakterii *Pseudomonas* na trwałość tuszek kurcząt [61]

Temperatura przechowywania (0°C)	Czas podwojenia liczby bakterii (godz.)	Liczba dni do momentu zepsucia $10^8/\text{cm}^2$	Ilość dni do uzyskania wzrostu $10^4/\text{cm}^2$
0	13,8	11,5	7,6
5	7,4	6,2	4,1
10	4,7	3,9	2,6
15	2,2	1,8	1,2

Na powierzchni tuszek między innymi występują bakterie z rodzaju: *Acinetobacter*, *Alteromonas*, *Aeromonas*, *Brochotrix*, *Cytophaga*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Moraxella*, *Pseudomonas* oraz drożdże (tab. 11.2).

Pałeczki z rodzaju *Pseudomonas* stanowią często dominującą mikroflorę produktów przechowywanych w warunkach chłodniczych. Są one obecne zarówno na tuszkach świeżych, jak i na tuszkach z oznakami zepsucia, które objawiają się najczęściej przykrym zapachem. W przypadku tuszek schładzanych powietrzem (niepakowanych) mikroflora składa się w 70–80% z *Pseudomonas* (tab. 11.2) [21, 38, 64]. Niekorzystna jest również obecność innych pałeczek z rodziny *Enterobacteriaceae*, w tym szczególnie *Salmonella*, które występują rzadko, ale stanowią największe zagrożenie dla zdrowia człowieka.

Zakażenie tymi bakteriami może nastąpić w trakcie tuczu lub krzyżowo podczas procesu uboju, obróbki poubojowej czy przetwarzania. Odpowiednio zorganizowany system kontroli może obniżyć stopień krzyżowej kontaminacji tuszek [3, 7, 30], co szerzej poruszono w rozdziale 17.

Tabela 11.2

Udział bakterii psychrofilnych na tuszkach kurcząt, przechowywanych w temperaturze 1–4°C (w %) [65]

Rodzaje lub gatunki bakterii psychrofilnych	Ogólna liczba bakterii przed przechowywaniem 100–1000/cm <sup>2</sup>	Ogólna liczba bakterii po przechowywaniu ok. 10 <sup>8</sup> /cm <sup>2</sup>
<i>Flaavobacterium</i> i <i>Cytophaga</i>	20	nie stwierdzono
<i>Acinetobacter</i> i <i>Moraxella</i>	50	10
<i>Pseudomonas</i> (obydwa typy)	10	70 – 80
<i>Alteromonas putrefaciens</i>	1	10
Drożdże	10	
<i>Areomonas</i> , <i>Enterobacter</i>		mogą występować, gdy trwałość się wydłuży przez zahamowanie wzrostu bakterii
Nietypowe gatunki: <i>Lactobacillus</i> i <i>Brochotrix thermospahacta</i>	10	mogą występować, gdy trwałość się wydłuży przez zahamowanie wzrostu bakterii

### Zmiany fizykochemiczne i sensoryczne

Najważniejszym czynnikiem wpływającym na zmiany fizykochemiczne zachodzące podczas przechowywania mięsa drobiowego jest temperatura przechowywania i utrzymywanie jej stabilnej wartości. Umożliwia to zachowanie jakości i wartości kulinarnej mięsa świeżego.

W zależności od takich czynników, jak: gatunek drobiu, przygotowanie drobiu do sprzedaży pod postacią tuszek lub drobiu dzielonego, rodzaju i stopnia początkowego zakażenia mikrobiologicznego, rodzaju opakowania oraz temperatury przechowywania okres trwałości mięsa drobiu waha się od kilku do kilkunastu dni [18]. Według wcześniejszych zaleceń normatywnych [32] (obecnie nieobligatoryjnych) **tuszki drobiowe w temperaturze od 0 do 4°C mogą być przechowywane u producenta oraz w punktach sprzedaży nie dłużej niż 6 dni**. Obecnie trwałość drobiu schłodzonego pakowanego w opakowania jednostkowe może być dłuższa, również zastosowanie głębokiego schładzania zwiększa trwałość, np. obniżenie temperatury do -2°C pozwala wydłużyć przechowywanie do ok. 15 dni [38].

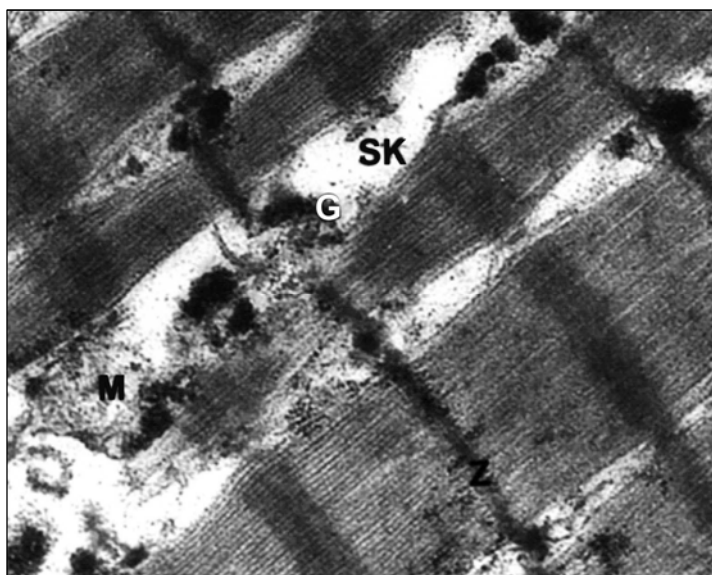
Drób dzielony ze względu na wyższe skażenie mikrobiologiczne wyjściowe, w stosunku do całych tuszek, zachowuje krócej akceptowaną jakość handlową. W temperaturach od -1°C do +2°C elementy (kawalki) tuszek drobiowych mogą być przechowywane nie dłużej niż 2 dni.

Trwałość dzielonego drobiu wodnego waha się od 5 do 12 dni w zależności od temperatury przechowywania, u gęsi oznaki zepsucia występują ok. dziewiątego dnia przechowywania w temp. od 1 do 3°C. Porcjowane kaczki ulegają zepsuciu dopiero po 12 dniach przechowywania w temp. 1°C [18].

Gdy świeże mięso bezpośrednio po uboju zostanie zbyt szybko schłodzone, tj. w krótkim czasie zostanie obniżona temperatura ciała poniżej 15°C, może dojść do anomalnie dużego skrócenia sarkomerów i wystąpienia tzw. **skurczu chłodniczego** (*cold shortening*). Tuszki drobiowe w zależności od temperatury otoczenia jeszcze przed schłodzeniem mają wysoką temperaturę rzędu 35°C. Jeżeli temperatura mięsa po uboju przy szybkim wychładzaniu gwałtownie się obniży przy zachowaniu rezerw ATP na wysokim poziomie, stężenie jonów  $\text{Ca}^{2+}$  w sarkoplazmie rośnie, co doprowadza do skurczu włókien mięśniowych. Równolegle pompa wapniowa w niskich temperaturach ma niższą zdolność transportu jonów Ca z sarkoplazmy, a retikulum sarkoplazmatyczne – do ich wiązania. Prowadzi to do kontrakcji w skali większej niż w mięśniach o zaawansowanym procesie glikolizy. Występowanie skurczu chłodniczego zależy od gatunku zwierzęcia i stanu fizjologicznego mięśni. Skurcz chłodniczy występuje głównie w mięśniach o dużej zawartości włókien czerwonych. Dlatego w mięsie drobiu (zwłaszcza grzebiącego), w którym dominują włókna białe, możliwość występowania skurczu chłodniczego jest mniejsza aniżeli w przypadku innych gatunków zwierząt [37, 38].

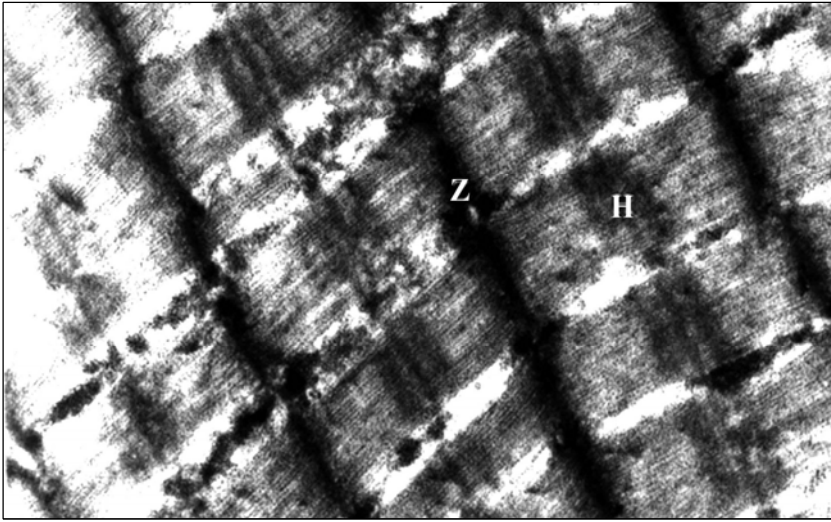
System schładzania i temperatura przechowywania mają znaczący wpływ na zmiany strukturalne zachodzące w mięśniach drobiu po uboju [53, 54]. Zastosowanie metod głębokiego schładzania (metodą owiewową do temp. -1°C) pozwala na zachowanie podstawowych struktur tkanki mięśniowej, w tym mitochondrium. Przy szybkim schładzaniu dzięki zwolnieniu procesów metabolicznych rezerwy glikogenu nie są do końca wyczerpane w pierwszych fazach procesów poubojowych (fot. 11.1).

Po przechowywaniu przez 10 dni następuje daleko idąca destrukcja organelli komórkowych oraz zmiany sarkomerów wskazujące na zaawansowanie procesu proteolizy (fot. 11.2).



G – glikogen, SK – sarkoplazma, M – mitochondria, Z – linia Z

Fot. 11.1. Mięśnie piersiowe kurcząt po procesie wychładzania immersyjnego 65 min *p.m.* (x35000) [48]



Z – linia Z

H – pasmo H

Fot. 11.2. Mięśnie piersiowe kurcząt schładzane i przechowywane 10 dni w temp.  $-1^{\circ}\text{C}$  (x36000) [48]

### 11.3. Mrożenie, przechowywanie zamrażalnicze i rozmrażanie

Mrożenie jest ciągle aktualną metodą utrwalania mięsa przeznaczonego do długotrwałego przechowywania. Wykonane prawidłowo zapewnia zachowanie wartości żywieniowej, sensorycznej oraz stanu higienicznego surowca schłodzonego. Ilość ciepła odprowadzanego z produktu poddawanego zamrażaniu jest zasadniczo większa niż w czasie chłodzenia. Decyduje o tym wysoka wartość ciepła przemiany fazowej woda–lód (ok. 335 kJ/kg) oraz konieczność odprowadzenia ciepła w przedziale temperatur od temperatury krioskopowej do końcowej zakładanej do osiągnięcia po procesie zamrażania. Współczynniki temperaturowe  $Q_{10}$  charakteryzujące obniżenie tempa przebiegu reakcji fizykochemicznych zmieniają zasadniczo swoją wartość w poszczególnych fazach procesu zamrażania i wynoszą ponad 4 w temp.  $-10^{\circ}\text{C}$  (tj. dla przedziału od  $-10$  do  $0^{\circ}\text{C}$ ) oraz poniżej 3 w temp.  $-20^{\circ}\text{C}$  (zgodnie z prawem van't Hoffa-Arrheniusa). Charakterystyczne jest to, że część procesów fizykochemicznych ulega przyspieszeniu w czasie zamrażania, np. denaturacja białek wykazując ujemne wartości  $Q_{10}$ . W wyniku krystalizacji wody następuje także zmiana właściwości termicznych, tj. około dwukrotnie obniża się ciepło właściwe, zaś czterokrotnie rośnie współczynnik przewodzenia ciepła. Czas wymrażania wody zależy od szybkości odprowadzania ciepła, która jest wypadkową zmian właściwości fizykochemicznych zamrażanego mięsa drobiu. Ilość wymrożonej wody w mięsie jest zależna od temperatury i czasu mrożenia. W temperaturze, do której zamrażany jest drób ( $-18^{\circ}\text{C}$ ), w tuszkach zostaje wymrożone ok. 97% wody, co powoduje zasadnicze obniżenie aktywności wody

w produkcji do poziomu poniżej 0,85. Jednocześnie następuje przyrost objętości produktu związany z 9% przyrostem objętości lodu.

Zasadnicze znaczenie dla jakości mięsa drobiu ma szybkość mrożenia. Przy dużej szybkości zestalania się wody powstają drobne kryształy nieuszkodzające struktur tkankowych. Jeśli zamrażanie jest wolniejsze bądź niski jest gradient temperatury wynikający z różnicy pomiędzy medium a zamrażanym surowcem, powstają struktury grubokryształiczne niszczące komórki mięśniowe, co powoduje wyciek po rozmrażaniu.

W ostatnich dziesięcioleciach technologie zamrażania żywności uległy znacznym zmianom lub modyfikacjom [36]. **Wyróżnić można trzy podstawowe metody mrożenia:**

- w strumieniu zimnego powietrza (owiewowa),
- metoda kontaktowa,
- mrożenie kriogeniczne.

### Zamrażanie metodą owiewową

W przemyśle drobiarskim w kraju dominuje metoda owiewowa (patrz rozdz. 9), która może być prowadzona systemem ciągłym i w starszym wydaniu – okresowym. W zamrażaniu ciągłym owiewowym steruje się automatycznie parametrami technologicznymi, tj. temperaturą i prędkością przepływu powietrza. Drugi z parametrów ma wpływ na czas zamrażania i barwę tuszek, ale wyłącznie do wartości 4 m/s, większa prędkość powietrza nie daje lepszych efektów [4, 9, 33, 34].

W krajach UE osiągnane są dwa stany termiczne mięsa mrożonego: mięso mrożone o temp. nie wyższej niż  $-12^{\circ}\text{C}$  i głęboko mrożone o temp. nie wyższej niż  $-18^{\circ}\text{C}$ . Produkty zamrażane do  $-18^{\circ}\text{C}$  są określane jako głęboko mrożone lub szybko mrożone (QFF – quick frozen food) [42].

Czas zamrażania jest zależny od zastosowanych opakowań zbiorczych. Na przykład w kartonach (pudłach) tekturowych otwartych jest znacznie krótszy i wynosi 3–4 godz. niż w zamkniętych, zależy to również od ilości otworów wentylacyjnych w pudłach [36].

Maksymalne okresy przechowywania zamrażalniczego drobiu (tzn. do wystąpienia zmian sensorycznych) zależą od temperatury i dla  $-18^{\circ}\text{C}$  mogą sięgać 2 lat, a 9 miesięcy przy przechowywaniu przy  $-12^{\circ}\text{C}$  (tab. 11.3).

Normatywne okresy w tym względzie są znacznie krótsze i wynoszą w temp.  $-18^{\circ}\text{C}$  od 6 do 9 miesięcy, co zależy od tego, czy ewakuowano powietrze z opakowań jednostkowych.

Tabela 11.3

Czas przechowywania drobiu grzebiącego [4]

Drób	w miesiącach temp. $-12^{\circ}\text{C}$	w miesiącach temp. $-18^{\circ}\text{C}$
Tuszki kurcze	9	18 – 24
Elementy	9	18 – 24
Tuszki indycze	8	15 - 24

## Zamrażanie immersyjne

Istnieje też system zamrażania drobiu zanurzeniowy lub natryskowy w cieczach niezamarzających, takich jak: stężone roztwory wodne chlorku sodu i wapnia ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) ewentualnie wodne roztwory glikolu propylenowego lub metylowego. Temperatura produktu przy zastosowaniu tej metody może osiągnąć nawet do  $-20^\circ\text{C}$ . W Polsce system ten nie znalazł powszechnego zastosowania, jak dotąd najczęściej był wykorzystywany w Kanadzie i USA. Według danych amerykańskich cytowanych przez Postolskiego i Grudę [36] średni czas zamrażania, np. w roztworze soli w temp.  $-30^\circ\text{C}$ , jest proporcjonalny do masy i wielkości tuszki. Mankamentem tej metody, podrażającym koszty, jest konieczność stosowania indywidualnych hermetycznych osłonek szczelnie przylegających do tuszki lub elementu, eliminujących bezpośredni kontakt medium chłodzącego ze skórą ptaka. Bardzo korzystne warunki wymiany ciepła uzyskano przy zamrażaniu kurcząt w roztworze chlorku wapnia, pod warunkiem zagwarantowania odpowiedniej temperatury czynnika chłodzącego poniżej  $-20^\circ\text{C}$ . Zamrażane tą metodą mięso kurcząt cechowało się wysoką kruchością oraz wodochłonnością. Sposób ten nie spotkał się z większym zainteresowaniem praktyków. Obecnie metoda powyższa stosowana jest do wstępnego podmrzania tuszek drobiu (powierzchniowego), a dalsze wymrażanie prowadzone jest w tunelu zamrażalniczym w strumieniu zimnego powietrza [35].

## Zamrażanie mięsa drobiu systemem jednofazowym

W warunkach przemysłowych zamrażanie drobiu prowadzi się po wstępnym procesie wychładzania, co ma również uzasadnienie ekonomiczne. Istnieje też możliwość mrożenia tuszek drobiowych bez wstępnego procesu wychładzania i temu problemowi w pewnym okresie poświęcono wiele prac, szczególnie w końcowych 30-latach XX w. [36, 54].

Mrożenie mięsa w stanie ciepłym było przedmiotem licznych badań w Ameryce, Anglii, Francji, ZSRR oraz w Polsce. Prowadzone badania dotyczyły w większości tusz dużych zwierząt rzeźnych, w mniejszym zakresie drobiu [38, 43, 55].

Istotnym efektem technologicznym wynikającym z zastosowania systemu jednofazowego mrożenia jest szybsze w porównaniu z metodą dwufazową przerwanie procesów poubojowych zachodzących w mięsie oraz namnażania się drobnoustrojów. Dlatego niektórzy badacze wskazują, że trwałość mięsa mrożonego jeszcze w stanie ciepłym może być wydłużona [36].

Mięso mrożone jednofazowo nie podlega pełnym procesom dojrzewania, które przebiegają dopiero podczas jego rozmrażania. Powoduje to niebezpieczeństwo powstania stężenia rozmrażalniczego (ang. thaw rigor) i pogorszenia kruchości mięsa, zagrożenie to w mniejszym stopniu dotyczy mięsa drobiu o szybszym przebiegu zmian poubojowych. Cechy sensoryczne mrożonego bezpośrednio po uboju drobiu okazały się po obróbce termicznej takie same, jak przy dwustopniowym systemie mrożenia [50, 54]. Badania Smolińskiej i in. [47, 51] wskazują, że struktura tkanki mięśniowej drobiu mrożonego systemem jednofazowym jest prawidłowsza aniżeli przy mrożeniu konwencjonalnym, tj. ze stanu wychłodzenia. Przy mrożeniu jednofazowym uzyskuje się odpowiednie rozmieszczenie kryształków lodu o drobnej strukturze, co po rozmrożeniu mięsa stwarza warunki lepszego odtworzenia cech jakościowych mięsa, między innymi cech sensorycznych. Natomiast najmniej korzystne właściwości funkcjonalne posiada mięso zamrażane w stanie



*rigor mortis* [37]. Pomimo zachęających wyników badawczych metoda jednofazowego zamrażania drobiu nie uzyskała powszechnej akceptacji, gdyż wymaga wydłużenia okresu zamrażania.

## Mrożenie kriogeniczne

**Technika, która wykorzystuje skroplone gazy, określana jest jako mrożenie kriogeniczne lub kriogenne.** Jako ciecz kriogeniczna stosowany jest głównie skroplony azot, ale też dwutlenek węgla. W nomenklaturze międzynarodowej – jako techniki kriogeniczne rozumie się takie, w których wykorzystuje się temp. poniżej  $-153^{\circ}\text{C}$  (120 K). Przy stosowaniu temp. w granicach  $-78,8^{\circ}\text{C}$  (temp. sublimacji suchego lodu) nie jest w pełni uzasadniona nazwa „mrożenie kriogeniczne”. Kondratowicz i Kawałko [14] uważają, że najlepsze byłoby określenie „mrożenie z wykorzystaniem skroplonych gazów”. Istnieje możliwość ultraszybkiego zamrażania drobiu w gazach skroplonych, ale w wyniku procesu powstają oparzeliny mrozowe (freezer burns). Niezależnie od tych zastrzeżeń uważa się, że metody ultraszybkiego zamrażania są przyszłościowe [2, 18, 34].

W praktyce możliwe są **trzy techniki mrożenia kriogenicznego:**

- **przez zanurzenie w ciekłym azocie,**
- **przez rozpylanie ciekłego azotu,**
- **rozpylanie zimnych par azotu.**

System mrożenia kriogenicznego staje się coraz popularniejszy na świecie jak i w Polsce. Technologia nie wymaga zbyt dużych nakładów inwestycyjnych, ani dużej powierzchni [59, 62]. Niska temperatura cieczy kriogenicznych pozwala na zamrażanie produktów w okresie krótszym aniżeli techniki konwencjonalne. Takie „szokowe” mrożenie eliminuje powstawanie dużych kryształów lodu wewnątrz produktu, sprawiając w ten sposób, że struktury komórkowe nie są niszczone. Zapobiega to powstawaniu wycieków rozmrażalniczych oraz obniża ususzkę, czyli utratę wody z powierzchni mrożonych produktów. Typowe wielkości strat wody po rozmrożeniu tuszek utrwalanych metodą kriogeniczną wynoszą od 0,2 do 0,4%, podczas gdy po mrożeniu konwencjonalnym od 4 do 5% [14].

Do mrożenia kriogenicznego stosowanych jest wiele urządzeń, najbardziej powszechnym w przemyśle spożywczym jest system zamrażania, w którym produkt jest zraszany ciekłym azotem za pomocą dyszy rozpylającej (opary ciekłego azotu mają temp.  $-80^{\circ}\text{C}$ ). Praktycznie nie ma żadnych ograniczeń technologicznych przy stosowaniu ciekłego azotu jako czynnika chłodniczego. Ten sam sprzęt może być używany do mrożenia, jak i wychładzania produktów spożywczych, poprzez regulację dozowania azotu i temperatury w komorze w wyniku zmiany przesuwu taśmy [4, 26].

Zastosowanie ciekłego azotu skraca wydatnie czas mrożenia, a najczęściej jest wykorzystywane do zamrażania żywności wygodnej, mięsa porcjowanego lub mięs drobnych. Dobre efekty osiąga się również przy mrożeniu mięsa w stanie ciepłym, czyli przed wystąpieniem stężenia pośmiertnego. Mrożenie mięsa ciepłego (temp. ok.  $30^{\circ}\text{C}$ ) odbywa się przez 20–25 min do momentu uzyskania wewnątrz produktu temp. ok.  $-20^{\circ}\text{C}$ . Natomiast mrożenie mięsa wychłodzonego wstępnie, do uzyskania temp.  $-20^{\circ}\text{C}$ , trwa ok. 18 minut. Istnieją też urządzenia wykorzystujące do mrożenia dwutlenek węgla w postaci gazu lub ciała stałego [4].

Jakość żywności mrożonej jest charakteryzowana przez wygląd produktu oraz zachowanie cech sensorycznych i struktury. Mrożenie „szokowe” przy użyciu ciekłych gazów oprócz przeciwdziałania powstawaniu dużych kryształów lodu, naruszających strukturę tkankową mięsa, doprowadza do szybkiego zahamowania endogennych i egzogennych procesów enzymatycznych. Wskutek takiego działania otrzymuje się produkt o wyższej jakości. Współcześnie obserwuje się tendencje do zamrażania żywności w mediach o coraz niższych temperaturach, jest to podyktowane potrzebą wydłużenia czasu przechowywania, przy równoczesnym zachowaniu wysokiej jakości odżywczej produktu [4, 59].

## 11.4. Przemiany zachodzące w mięsie w trakcie przechowywania zamrażalniczego

### Woda i jej rola

Woda to zasadniczy składnik decydujący o jakości i trwałości mięsa oraz jego produktów. Cząsteczki wody ze względu na dipolowy charakter mają duże skłonności do tworzenia wiązań wodorowych. W miarę obniżania temperatury cząsteczki wody zbliżają się do siebie, ponieważ siły ich wzajemnego przyciągania rosną, a równocześnie maleją ruchy cieplne (ruchy Browna). Woda zamraża w postaci kryształów heksagonalnych, a przemianie fazowej towarzyszy znaczne wydzielanie energii. Kryształizacja wody podczas zamrażania prowadzi do nieodwracalnych zmian w strukturze tkankowej mięsa oraz powoduje pogorszenie właściwości funkcjonalnych białek mięśniowych.

Woda swobodnie związana („wolna”) ze strukturą tkankową stanowi większość wody wchodzącej w skład mięsa i jego produktów. Stopień jej wymrożenia decyduje zarówno o intensywności procesów biochemicznych – enzymatycznych egzogennych i endogennych, jak i metabolizmie mikroorganizmów przebiegających resztkowo w zamrożonej tkance mięśniowej. Natomiast woda związana chemicznie lub hydratacyjnie, z grupami hydrofilowymi łańcuchów polipeptydowych, praktycznie nie ulega wymrożeniu.

Wymrażanie wody powoduje również wzrost stężenia składników w niej rozpuszczonych, co obok zwiększenia napięcia powierzchniowego należy uznać za negatywny skutek przemiany wody w lód. Woda wywiera również wpływ na przyspieszenie reakcji nieenzymatycznego brązowienia, jednak najbardziej złożone jest oddziaływanie wody na procesy oksydacyjne zachodzące w mięsie w trakcie przechowywania zamrażalniczego. W wodzie niewymrożonej rozpuszcza się tlen, co może stymulować procesy oksydacji [1, 8, 27, 36].

Zakres przemian fizycznych polega na zniszczeniu struktur tkankowych przez rosnące kryształy lodu w wyniku uszkodzenia błon komórkowych i wycieku substancji komórkowych po rozmrożeniu. Zmiany fizyczne związane z sublimacją powodują ubytki masy tuszek drobiowych, czyli tzw. ususzkę zamrażalniczą. Są to straty ilościowe mające też wpływ na pogorszenie się soczystości mięsa i jego smakowitości po rozmrożeniu. Sublimacyjne straty masy są tym mniejsze, im krótszy jest czas przechowywania w warunkach zamrażalniczych.

### Barwa mrożonych tuszek

Barwa jest cechą postrzeganą w pierwszej kolejności, a jej zmiany uważa się za pierwsze oznaki pogorszenia jakości. Proces mrożenia ma zasadniczy wpływ na kształt-

towanie się barwy tuszek i elementów drobiowych. Przy szybkim zamrażaniu tworzy się w tkankach drobnokrystaliczna struktura lodu, co umożliwia odbijanie się fal świetlnych od powierzchni. Dzięki temu przy szybkim mrożeniu barwa mięsa jest jaśniejsza aniżeli przy mrożeniu wolnym. W miarę upływu czasu przechowywania może dojść również do zmiany zabarwienia mięsa w wyniku utleniania się barwnika mięsa mioglobiny [1, 43, 44].

Jedną z podstawowych zmian barwy jest ciemnienie powierzchni tuszek. Zamrażanie ma szczególnie negatywny wpływ na barwę drobiu grzebiącego, który nie posiada dostatecznie rozwiniętej warstwy tłuszczu podskórnego. Dlatego też uzyskanie jasnej barwy mrożonych tuszek brojlerów kurzych jest znacznie trudniejsze niż w przypadku drobiu wodnego. W praktyce barwa tuszek zależy od systemu mrożenia, np. zamrażanie immersyjne (w cieczach) w temp. w granicach od  $-25$  do  $-30^{\circ}\text{C}$  wpływa korzystnie na rozjaśnienie barwy. Przy metodzie immersyjnej barwa zależy również od prawidłowego obkurczenia osłonek opakowaniowych, gdy szczelnie przylegają do tuszki, barwa jest prawidłowa, natomiast jeżeli są wadliwie obkurczone, a do wnętrza przedostało się powietrze, to barwa będzie ciemna i nierównomierna.

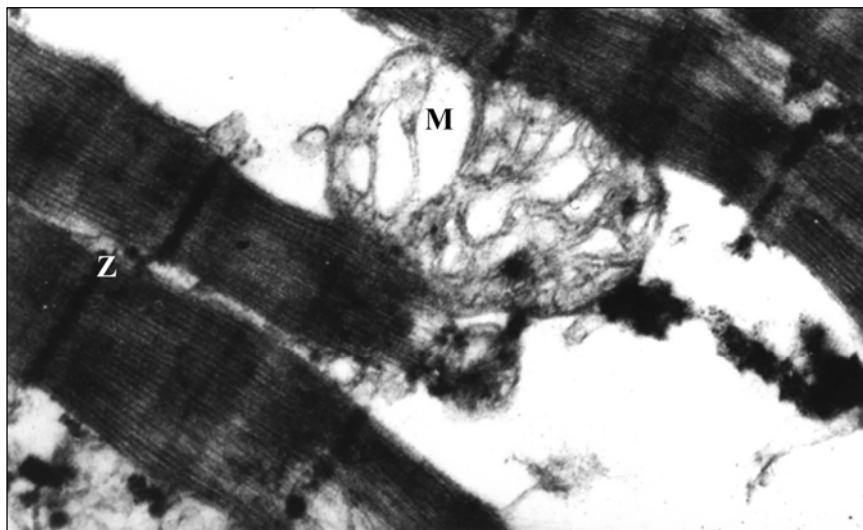
Zamrażanie drobiu w środowisku powietrza przebiega znacznie wolniej aniżeli w cieczach. Jeśli nie są przestrzegane obowiązujące parametry mrożenia (czas i temperatura), tuszki charakteryzują się zmienioną barwą – ciemną lub nawet brunatno-beżową, co dotyczy najczęściej tuszek indyjskich [2, 22, 30]. Zamrażanie w strumieniu powietrza o temperaturze zbliżonej do  $-40^{\circ}\text{C}$  i silnej cyrkulacji powietrza daje efekt prawidłowej barwy.

Bardzo szybkie zamrażanie (np. przy użyciu skroplonych gazów) powoduje tworzenie się drobnych kryształków lodu, co daje efekt „wybielenia”. Z punktu widzenia konsumenta ma to charakter pozytywny, zwłaszcza w odniesieniu do drobiu. Poważną wadą barwy tuszek mrożonych może być „oparzelina mrozowa”, która jest skutkiem silnego odwodnienia powierzchni tuszek w wyniku sublimacji wody w temperaturach zamrażalniczych. Jednak stosowanie osłonek termokurczliwych przeciwdziała powstawaniu niekorzystnych wad technologicznych [2, 17, 30].

## Zmiany strukturalne

Destrukcja elementów włókna mięśniowego pod wpływem mrożenia i przechowywania w niskich temperaturach była najczęściej badana w mięsie pochodzącym od dużych zwierząt, a w mniejszym stopniu w mięsie drobiu [45, 57]. Stopień uszkodzenia struktur tkankowych zależy głównie od wielkości i rozmieszczenia kryształków lodu. Ogólnie przyjmuje się, że wolne zamrażanie powoduje większą destrukcję tkanki mięśniowej aniżeli zamrażanie szybkie. Przy szybkim zamrażaniu woda w formie lodu zostaje unieruchomiona w przestrzeniach, w których się znajduje, co ma istotny wpływ na późniejszy prawidłowy przebieg resorpcji soku mięsnego w trakcie rozmrażania. Szybkie przekroczenie podczas mrożenia temperatur zbliżonych do krioskopowej, tj. zakresu od  $-2$  do  $-5^{\circ}\text{C}$ , daje możliwość zachowania mało zmienionej struktury tkanki mięśniowej. Smolińska i Abdul-Halim [47] wykazali, że zmiany strukturalne tkanki mięśniowej kurcząt w największym zakresie zachodzą podczas samego procesu zamrażania, a destrukcja tkanki mięśniowej i organelli komórkowych pogłębia się w czasie przechowywania zamrażalniczego przez 6 miesięcy, chociaż niektóre struktury są częściowo zachowane, np. mitochondria (fot. 11.3).

Zmiany w organellach zlokalizowanych w sarkoplazmie włókna mięśniowego polegają na uszkodzeniu błon lizosomalnych i mitochondrialnych, powodującym m.in. uwalnianie enzymów litycznych, co intensyfikuje proteolizę endogenną w trakcie rozmrażania.



M – mitochondria  
Z – zachowana linia Z

Fot. 11.3. Mrożone mięśnie kurcząt przechowywanych przez 6 miesięcy (x36000) [47]

### Zmiany w białkach i metody krioprotekcji

Jednym z negatywnych skutków oddziaływań niskich temperatur jest denaturacja zamrażalnicza białek, głównie miofibrili, objawiająca się pogorszeniem właściwości funkcjonalnych. Skutkiem przemiany wody w lód jest zwiększenie koncentracji jonów i zwiększenie siły jonowej roztworu oraz zmiana pH środowiska. Taka sytuacja doprowadza często do naruszenia struktury koloidalnej białek tkanki mięśniowej [10, 16, 48]. Wynikiem tych procesów jest agregacja cząsteczek miozyny oraz w mniejszym stopniu aktyny [11, 15, 36]. W procesie agregacji miozyny biorą udział wiązania kowalencyjne (mostki S-S), wodorowe i jonowe (elektrostatyczne) oraz niepolarne hydrofobowe [11, 23]. Badania przeprowadzone przez Kopia i wsp. [16] wykazały, że w wyniku zamrażania i zamrażalniczego przechowywania pogarsza się ekstraktywność białek mięśni piersiowych kaczek. Procesy zachodzące w białkach kurcząt i bażantów badali Smolińska i in. [47, 49, 53] oraz Skrabka-Błotnicka [45], wskazując na znaczny spadek rozpuszczalności białek nawet od 30 do 50% w trakcie przechowywania zamrażalniczego i utratę innych natywnych właściwości funkcjonalnych. Obniżenie rozpuszczalności odbija się również na zdolności żelowania białek mięśniowych [45].

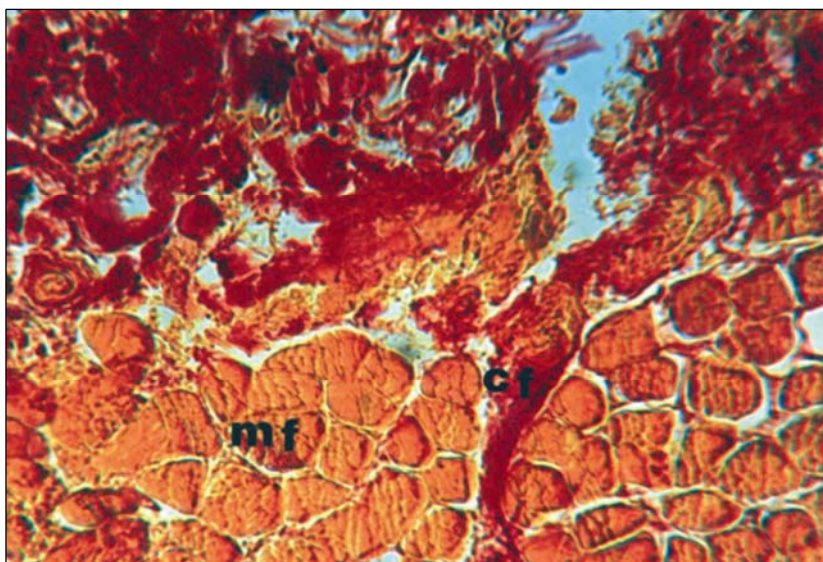
Jednym ze sposobów zapobiegania, a raczej ograniczania procesów denaturacji białek miofibrylarnych jest krioprotekcja. Krioprotektanty, głównie polisacharydy lub aminokwasy, dodawane do mięsa przechowywanego w temperaturach zamrażalniczych obniżają temperaturę zamrażania roztworów tkankowych i powodują wzrost ich lepkości. Następuje to w wyniku selektywnego oddziaływania krioprotektantów z niektórymi grupami funkcyjnymi w łańcuchach polipeptydowych białek [25, 49, 58]. Najlepsze efekty ograniczenia zmian denaturacyjnych w białkach można osiągnąć, stosując jako krioprotektanty glukozę, sacharozę, polidekstryny i inne polisacharydy. Jednym ze znanych krioprotektantów stosowanym do „surimi” (preparatu miofibryli), otrzymanywanego z mięsa ryb oraz drobiu, jest sorbitol. Najlepsze efekty osiąga się, stosując krioprotektanty wieloskładnikowe, np. sorbitol i sacharozę w odpowiednich proporcjach. Negatywną stroną zastosowania mieszaniny sorbitolu i sacharozy w surowcach takich jak: mięso mechanicznie odzyskane lub preparat typu „surimi” z białek miofibrylarnych mięsa drobiu jest występowanie smaku słodkiego [49, 52]. Mechanizm działania ochronnego polega na tworzeniu przez krioprotektanty, jak glukoza, sacharoza, polidekstroza i inne polisacharydy, dwu rodzajów połączeń z grupami funkcjonalnymi białek:

- 1) grupy aminowe białek lub peptydów mogą łączyć się z grupami aldehydowymi cukrów redukujących, np. glukoza z wytworzeniem związków typu zasada Schiffa;
- 2) wytworzenie słabych wiązań hydrofobowych i wodorowych, które współdziałają w zmniejszeniu ilości wymrożonej wody i zachowaniu warstw hydratacyjnych, co redukuje zmiany denaturacyjne białek.

Tak więc, zjawisko krioprotekcji polega również na zapobieganiu utracie wody hydratacyjnej białek, stabilizując natywną konformację białek i przeciwdziałając koncentracji roztworów, a także ograniczając rozrost kryształów lodu [10, 12]. Drastyczniejsze zmiany w trakcie przechowywania zamrażalniczego zachodzą w mięsie rozdrobnionym, a szczególnie w mięsie drobiowym mechanicznie odzyskanym. Z badań Smolińskiej i in. [49] wynika, że dodatek krioprotektantów, szczególnie polidekstrozy, ale też mieszaniny sorbitolu i sacharozy zmniejsza zmiany destrukcyjne włókien mięśniowych w mięsie rozdrobnionym poddanym zamrożeniu i przechowywanym (fot. 11.4, 11.5, 11.6).

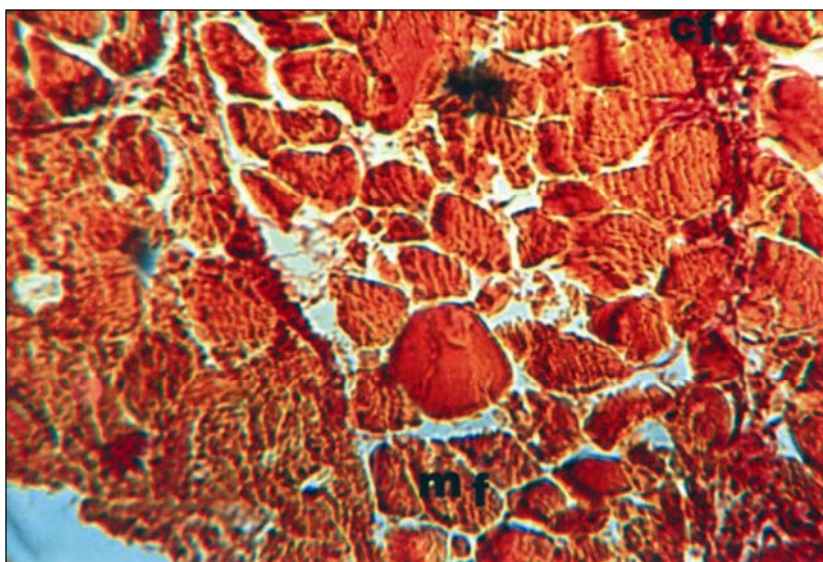
Natomiast, niektóre źródła podają, że krioprotektanty wielkocząsteczkowe (polidekstroza) nie są efektywne w ochronie białek w mięsie rozdrobnionym [58].

Istnieją również możliwości wykorzystania właściwości krioprotekcyjnych skrobi modyfikowanej, hydrolizatów skrobiowych (maltodekstryn) lub syropu glukozowego, szczególnie w odniesieniu do mięsa mechanicznie odkostnionego (MDOM), które w dużych ilościach jest poddawane mrożeniu. Przechowywanie zamrażalnicze mięsa mechanicznie odkostnionego drobiu pogarsza jego właściwości technologiczne. Dochodzi do: obniżenia wodochłonności, zdolności emulgujących oraz wzrostu wycieku termicznego. Przetwory z dodatkiem tak przechowywanego mięsa również wykazują obniżoną jakość. Zmiany przechowalnicze zachodzące w mięsie mechanicznie odzyskanym są także wynikiem postępujących procesów oksydacyjnych w lipidach tkankowych, co daje niepożądane pogorszenie smaku i zapachu [12, 25, 49].



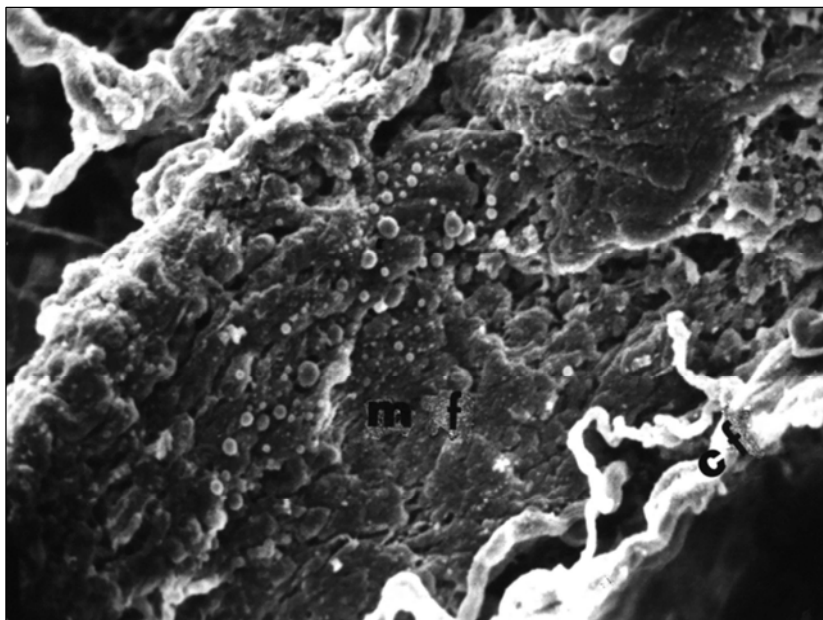
mf – miofibryle  
cf – tkanka łączna

Fot. 11.4. MOM bez krioprotektantów (x80) [49]



mf – miofibryle  
cf – tkanka łączna

Fot. 11.5. MOM + sorbitol (x80), widoczne wolne miejsca po kryształach lodu [49]



m – miofibryle  
f – tłuszcz  
cf – tkanka łączna

Fot. 11.6. Mikroskop skaningowy: MOM + polidekstroza, (x4900) [49]

### Zmiany w lipidach

Zmiany w lipidach w trakcie zamrażalniczego przechowywania zachodzą znacznie szybciej i w większym zakresie aniżeli w białkach. Dotyczy to szczególnie przebiegu zmian przechowalniczych drobiu wodnego, mającego spore ilości tkanki tłuszczowej podskórnej oraz więcej lipidów w mięśniach, pomimo że stosowana jest ewakuacja powietrza z opakowań jednostkowych termokurczliwych przed procesem zamrożenia. W wyniku zachodzących procesów oksydacji powstają produkty utleniania kwasów tłuszczowych, takie jak: aldehydy, ketony, związki hydroksylowe, estry i związki cykliczne. Powstałe wtórne produkty utleniania mogą reagować ze sobą, ponadto może zachodzić np. utlenianie nienasyconych aldehydów [27, 55]. Problematykę zmian przechowalniczych w tłuszczach przedstawiono szerzej w rozdziale 7.

Mięso drobiu grzebiącego, pomimo niskiego udziału lipidów, jest podatne na procesy utleniania ze względu na stosunkowo dużą zawartość kwasów tłuszczowych polienowych. Skład kwasów tłuszczowych jest uzależniony przede wszystkim od gatunku i systemu żywienia drobiu. Stosowane są m.in. modyfikacje żywieniowe prowadzące do zwiększenia zawartości kwasów tłuszczowych z rodziny n-3, co w znacznym stopniu ogranicza trwałość przechowalniczą drobiu, wynoszącą dla temp.  $-18^{\circ}\text{C}$  ok. 6 miesięcy [1].

Wszystkie zmiany zachodzące podczas procesów przemian tłuszczów wpływają na ich wartość odżywczą. Utlenione tłuszcze utrudniają wykorzystanie przez ustrój białka

znajdującego się w pokarmie. Utlenione kwasy tłuszczowe reagują z białkami, tworząc nierozpuszczalne związki kompleksowe, na skutek tego białka tracą swoje właściwości biologiczne [49, 52]. Badania [27] wskazują, że powstające podczas utleniania kwasów tłuszczowych rodniki mogą atakować DNA, stając się w ten sposób inicjatorami procesów rakotwórczych. Od przebiegu procesów utleniania zależą również właściwości organoleptyczne mięsa drobiu. Nieprzyjemny smak i zapach powstają głównie na skutek obecności niskocząsteczkowych substancji lotnych. Niekorzystne procesy utleniania tłuszczów można ograniczyć, stosując dodatek środków antyoksydacyjnych pochodzenia naturalnego bądź syntetycznego [7, 8].

### Zmiany związków wysokoenergetycznych

W trakcie przechowywania w niskich temperaturach następuje spowolnienie wszelkich procesów enzymatycznych w tkance mięśniowej, łącznej i tłuszczowej. Intensywność tych zmian zależy od temperatury i czasu przechowywania. Zahamowanie aktywności enzymatycznej wiąże się również z zaawansowaniem zmian poubojowych w mięsie przed procesem mrożenia i przechowywania. Procesy proteolizy i degradacji związków nukleotydowych, chociaż bardzo zwolnione, przebiegają w czasie przechowywania zamrażalniczego. Końcowym efektem degradacji związków nukleotydowych jest nagromadzenie się w mięsie kwasu inozynowego, a w dalszej kolejności hipoksantyny. Smolińska i in. [53, 54] w swoich badaniach stwierdzili, że zarówno 2,5, jak i 5-miesięczny okres przechowywania tuszek kaczyc zamrożonych po wychłodzeniu, jak i w stanie ciepłym obniżył zawartość związków nukleotydowych oraz kreatyny i kreatyniny w mięsie. Podobne wyniki osiągnęli również inni badacze [39, 45] dla kurcząt przetrzymywanych w temp.  $-18^{\circ}\text{C}$  przez okres 6 miesięcy. Zaobserwowano także, że zmniejszeniu ulega procentowa zawartość aminokwasów niezbędnych w mięsie jasnym i ciemnym. W przypadku mięsa drobiowego zmiany związków nukleotydowych doprowadzają do pogorszenia walorów sensorycznych, a szczególnie pogorszenia smaku i zapachu. W trakcie przechowywania zamrażalniczego dochodzi również do zmian kruchości w wyniku zmian degradacyjnych zachodzących w strukturze mięsa w związku z resztkową aktywnością enzymów proteolitycznych. Mechanizm kruszenia mięsa przedstawiono szczegółowo w rozdziale 6. Wskaźnikiem prawidłowo przeprowadzonego procesu zamrażania jest wielkość wycieku po rozmrażaniu. Im wyciek jest większy, tym mięso traci więcej składników odżywczych takich jak: peptydy, aminokwasy, witaminy i sole mineralne. Drugim negatywnym efektem mrożenia i zbyt długiego przechowywania zamrażalniczego są zmiany w tłuszczach, o których była już mowa wyżej. Dlatego też przechowywanie drobiu w niskich temperaturach winno być ograniczone do okresów zalecanych w odpowiednich przepisach normatywnych i rozporządzeniach [1, 4, 40, 41].

## 11.5. Rozmrażanie

Rozmrażanie mięsa wymaga dostarczenia znacznej ilości energii, aby zapewnić równomierne przenikanie ciepła w głąb bloku zmrożonego mięsa. Przenoszenie ciepła jest zależne od współczynnika przewodzenia ciepła, którego wartość obniża się w miarę, jak przesuwa się w głąb produktu warstwa rozmrożonego lodu.



Przy zamrażaniu ciepło przenika z wnętrza na zewnątrz produktu, natomiast przy rozmrażaniu źródło ciepła jest na zewnątrz. Koniec procesu jest określony po osiągnięciu odpowiedniej temperatury w centrum mięśnia piersiowego. Zazwyczaj odpowiada ona temperaturze krioskopowej lub nieco powyżej. Rozmrażanie może być jednak prowadzone do osiągnięcia temperatur końcowych wyższych niż chłodnicze (0–4°C), a nawet połączone z równoczesną obróbką cieplną.

Rozmrażanie może być dokonywane przy zastosowaniu różnych systemów, najstarszą metodą jest metoda rozmrażania w powietrzu.

**Rozmrażanie w powietrzu.** W praktyce może być stosowane rozmrażanie stacjonarne lub w wymuszonym obiegu powietrza. Gdy prowadzi się rozmrażanie w powietrzu, należy rozprzodzać medium tak, aby równomiernie ogrzewać powierzchnię produktu. Czas procesu np. przy rozmrażaniu tuszek w temperaturach chłodniczych jest dwukrotnie dłuższy aniżeli przy rozmrażaniu w temperaturze pokojowej. Rozmrażanie w powietrzu dotyczy głównie mięsa drobiu uzyskanego po rozbiórce tuszek zamrożonego w blokach, ale również elementów przeznaczonych do rozbioru. Czas rozmrażania przeprowadzanego w odpowiednich komorach w temp. od 6 do 15°C wynosi przy zapewnieniu wysokiej wilgotności w pierwszej fazie procesu (95%) ok. 24 godziny.

**Rozmrażanie w cieczach.** System rozmrażania drobiu w wodzie był popularny w gospodarstwach domowych, gdy na rynku dominował drób sprzedawany w stanie mrożonym. Rozmrażanie w wodzie następuje szybciej i wymaga mniejszej powierzchni aniżeli rozmrażanie w powietrzu. Użycie wody do rozmrażania wymaga ścisłej kontroli procesu z uwagi na możliwość wtórnego zakażenia. Przy rozmrażaniu mięsa (bez opakowań jednostkowych) w wodzie o temp. 10–12°C może dojść do krzyżowego zakażenia bakteriami chorobotwórczymi (np. *Salmonella*), podobnie jak przy metodzie wychładzania tuszek w wodzie.

Metoda rozmrażania w cieczach stosowana w warunkach przemysłowych polega na natrysku lub zanurzeniu w roztworze solanki drobiu osłonkowanego. Stosowanie natrysku jest bardziej higieniczne, a temperatura solanki do rozmrażania nie powinna przekraczać 18°C.

Produkty o regularniejszych kształtach: elementy lub produkty gotowe mogą być rozmrażane metodą kontaktową. Często ten system rozmrażania jest stosowany, gdy zamrażanie też było prowadzone metodą kontaktową.

Aktualnie wprowadzane są mniej konwencjonalne metody rozmrażania, do których m.in. można zaliczyć rozmrażanie za pomocą mikrofal (technikę tę opisano w rozdz. 13), wysokich ciśnień itp. [35].

## 11.6. Pakowanie drobiu schłodzonego i mrożonego

Pakowanie jest zabiegiem wydłużającym trwałość schłodzonego drobiu [18, 20, 28, 29] oraz różnych przetworów produkowanych z mięsa drobiowego, m.in. w wyniku wprowadzenia nowoczesnych technik przy zastosowaniu gazów inertnych.

Tuszki drobiowe przeznaczone do przechowywania zamrażalniczego są pakowane w woreczki foliowe, często wykonane z folii termokurczliwej nieprzepuszczalnej dla pary wodnej. Materiałem opakowania jedno- lub wielowarstwowego jest polichlorek winylidenu lub polietylen o małej gęstości.

Oprócz folii termokurczliwych często do pakowania drobiu wodnego wykorzystywane są folie rozciągliwe (stretch), które w czasie pakowania dostosowują się do kształtu produktu. Wymiary woreczków do pakowania powinny być dostosowane do wymiarów tuszek, dotyczy to zarówno wymiarów woreczków z folii kurczliwych, jak i niekurczliwych. Folia opakowaniowa powinna ściśle przylegać do tuszki, ponieważ powstające ewentualnie tzw. kieszenie powietrzne wewnątrz opakowania mogą doprowadzić do zjawiska oszronienia tuszek.

Istotny problem stanowiły kiedyś również „oparzeliny mrozowe”, które powstawały na powierzchni tuszek w wyniku sublimacji lodu ze skóry w połączeniu z lokalną denaturacją białek tkanki łącznej [64]. Zmiany te mają charakter nieodwracalny i obniżają klasyfikację jakościową tuszek mrożonych. W chwili obecnej „oparzeliny mrozowe” oraz oszronienie tuszek są rzadkim zjawiskiem z uwagi na wprowadzenie opakowań z folii termokurczliwych. Na występowanie oszronienia tuszek mogą mieć także wpływ np. zmiany temperatury w trakcie przechowywania.

Opakowanie produktu finalnego należy traktować jako element ochronny współdziałający z wybraną metodą utrwalania. Opakowanie zabezpiecza przed różnymi oddziaływaniami mechanicznymi, klimatycznymi oraz zanieczyszczeniami środowiska, przy czym nie powinno szkodliwie oddziaływać na zapakowany produkt [33]. Z technologicznego punktu widzenia opakowanie winno niwelować ewentualne niekorzystne zmiany jakościowe w produktach schładzanych i mrożonych przeznaczonych do obrotu handlowego. Ochronna rola opakowania powinna polegać również na przeciwdziałaniu przed nadmiernym wysychaniem produktu, procesami utleniania, jak również przed pochłanianiem obcych zapachów ze środowiska.

**Jedną z metod pakowania wprowadzoną w przemyśle drobiarskim jest pakowanie w próżni.** Pakowanie próżniowe zmniejsza zawartość tlenu, a w wyniku metabolizmu drobnoustrojów zwiększa się w czasie przechowywania ilość dwutlenku węgla do poziomu, który hamuje rozwój mikroorganizmów, zwłaszcza *Pseudomonas* i *Achromobacter*. Towarzyszy temu wzrost bakterii kwasu mlekowego. Niektóre badania wskazują [25], że zarówno próżnia, jak i atmosfera z udziałem dwutlenku węgla ograniczają również wzrost bakterii *Salmonella*. Dobrego efektu pakowania próżniowego nie uzyska się jednak w przypadku całych tuszek drobiowych, ponieważ materiał opakowaniowy nie zawsze przylega dokładnie do powierzchni. Trwałość tak pakowanego drobiu zależy również od innych czynników, a w tym od zaawansowania procesów poubojowych, bowiem przy wysokim pH okres trwałości mięsa pakowanego próżniowo nie przekracza 2 tygodni (w stałej temperaturze chłodniczej) [28, 29].

Efekt próżniowego pakowania uzależniony jest od penetracji gazów przez materiał opakowaniowy. Jak wspomniano wyżej, w opakowaniach próżniowych z mięsem surowym wzrasta poziom dwutlenku węgla w wyniku procesów oddychania i metabolizmu bakterii. Powstały wewnątrz opakowania dwutlenek węgla spełnia rolę utrwalającą. Okres trwałości drobiu pakowanego próżniowo jest zróżnicowany, w zależności od temperatury i początkowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego, może wynosić od 5 do 12 dni. W mięsie pakowanym próżniowo czasami dochodzi do wzrostu bakterii mlekowych, które mogą wpłynąć na zmianę smaku mięsa, ponadto zdarzają się wycieki. Pakowane próżniowo mięśnie piersiowe i nóg wykazują przydatność konsumpcyjną średnio przez okres 7–8 dni, w temp. 1°C. Mięśnie piersiowe kaczek można przechowywać ok. 8 dni, a mięśnie nóg

5 dni. Maksymalny czas przechowywania mięśni piersiowych indyka w analogicznych warunkach wynosi średnio 9 dni [17, 33, 60].

Kontrola temperatury podczas produkcji, dystrybucji i przechowywania jest podstawą zachowania tzw. łańcucha chłodniczego zapewniającego świeżość przechowywanego mięsa drobiowego. Kontrolę jakości produktu mogą ułatwić tzw. integratory czasu i temperatury (TTIS), które umieszcza się we wnętrzu opakowania. Wskazują one zmiany temperatury podczas składowania lub transportu na podstawie reakcji barwnej (zmiana zabarwienia specjalnego wskaźnika), co umożliwi wnioskowanie o stanie warunków przechowywania mięsa. Integratory (czasu i temperatury) stwarzają możliwość wykrywania wahań temperatury występujących w czasie transportu i całego łańcucha dystrybucji aż do konsumenta. Zachowanie stałych temperatur chłodniczych lub zamrażalniczych ma szczególne znaczenie w utrzymaniu naturalnych walorów sensorycznych i zdrowotnych produktu. W praktyce przypisuje się znaczną uwagę określeniu zależności temperatury, czasu i zmian zachodzących w produkcie podczas przechowywania. Określa się to jako TTT (Time, Tolerance, Temperature), który jest systemem rozpoznania i kontrolowania wyróżników umożliwiających określenie świeżości produktu [4, 5, 8].

Obok klasycznych metod pakowania mrożonych lub schładzanych tuszek i części (elementów) stosowane są w coraz szerszym zakresie nowoczesne techniki pakowania przy użyciu modyfikowanej atmosfery.

**Zastosowanie modyfikowanej atmosfery do pakowania mięsa i produktów drobiowych wydłuża ich trwałość.** W przemyśle drobiarskim korzysta się z technik pakowania w modyfikowanej-MAP (ang. Modified Atmosphere Packing) względnie (rzadko) kontrolowanej atmosferze gazów CAP (ang. Controlled Atmosphere Packing). Pakowanie próżniowe postrzegane jest również jako odmiana MAP, ponieważ obniżenie ciśnienia wewnątrz opakowania może być traktowane jako modyfikacja naturalnej atmosfery. System pakowania żywności i przechowywania w modyfikowanej lub kontrolowanej atmosferze najczęściej jest znakowany jako MA i CA.

Istnieje różnica pomiędzy obu systemami, która polega na tym, że w przypadku systemu MA skład atmosfery jest kontrolowany wyłącznie na początku pakowania, natomiast w systemie CA skład i ciśnienie atmosfery wewnątrz opakowania są kontrolowane okresowo. System CA najczęściej jest stosowany w stacjonarnych komorach chłodniczych głównie do przechowywania owoców i warzyw, natomiast pakowanie i przechowywanie w modyfikowanej atmosferze przeznaczone jest dla innych produktów żywnościowych, a szczególnie produktów mięsnych i drobiarskich [21].

Składnikami modyfikowanej lub kontrolowanej atmosfery są najczęściej gazy takie jak: tlen, dwutlenek węgla, azot, hel, i może to być tlenek węgla oraz podtlenek azotu. Najczęściej jednak w praktyce skład MA jest kombinacją podstawowych składników powietrza (tab. 11.4) [13].

W zastosowaniu praktycznym skład MA komponuje się przez zmianę proporcji głównych składników powietrza, to jest tlenu, azotu i dwutlenku węgla. Optymalizacja składu MA dla poszczególnych produktów spożywczych jest dopracowywana indywidualnie w drodze żmudnych badań i dlatego stanowi tajemnicę procesową różnych firm. Pakowanie w modyfikowanej atmosferze jest powszechnie stosowane do przedłużenia trwałości produktów z mięsa drobiowego, takich jak: panierowane i niepanierowane, poddane obróbce cieplnej kawałki (elementy) tuszek drobiowych, produkty restrukturyzowane oraz wędliny

przechowywane w warunkach chłodniczych. Problem ten został wyczerpująco przedstawiony w cyklu artykułów autorstwa Pikula oraz innych autorów [27, 28, 29, 30].

Tabela. 11.4

Przykład składu atmosfery modyfikowanej dla wybranych produktów [13]

Produkt	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	N <sub>2</sub> %
Świeże mięso	30	30	40
	15–40	60–85	0
Jaja	20	0	80
	0	0	100
Drób	25–30	0	70–75
	60–75	5–10	20
	100	0	0
	20–40	60–80	0
Ryby	40	30	30
Ryby tłuste	40	0	60
	60	0	40
Ser krojony	30	0	70

Dzięki stosowaniu modyfikowanej atmosfery w odniesieniu do drobiu uzyskano wydłużenie trwałości mikrobiologicznej, wyraźne zmniejszenie występowania zmian oksydacyjnych w mięsie oraz zwolnienie procesów enzymatycznych. Produkty pakowane w modyfikowanej atmosferze charakteryzują się lepszą stabilnością barwy, co w odniesieniu do produktów drobiarskich jest bardzo ważne. Pozytywnym efektem jest również ograniczenie strat wynikających z nadmiernego parowania wody.

## 11.7. Streszczenie

Schładzanie jest powszechnie stosowaną metodą utrwalania mięsa i przetworów drobiowych. Polega na obniżeniu temperatury tuszek i elementów do temp. 4°C w celu zahamowania rozwoju mikroflory i procesów biochemicznych zachodzących w mięsie po uboju. Schładzanie tuszek odbywa się najczęściej w środowisku wodnym (metoda immersyjna), w powietrzu (owiewowa) i systemem kombinowanym w strumieniu powietrza i natrysku wody. Tempo obniżania temperatury w trakcie wychładzania zależy od: metody wychładzania, różnicy temperatur pomiędzy tuszkami a medium schładzającym oraz od masy mięsa. Schładzanie powinno być przeprowadzone szybko, aby uniknąć strat wartościowych składników oraz nadmierną ususzkę. Powszechnie zalecaną metodą schładzania drobiu przeznaczonego do konsumpcji jest metoda powietrzno-natryskowa, ponieważ zabezpiecza wysoki standard higieniczny tuszek oraz eliminuje nadmierne wchłanianie wody, jak ma to miejsce w metodzie immersyjnej. Utrwalanie mięsa metodą schładzania jest uzupełniane często nowoczesnym systemem pakowania produktów np. w atmosferze modyfikowanej.

Drugą, najstarszą, ale również najskuteczniejszą metodą wydłużenia trwałości mięsa drobiowego jest metoda zamrażania w strumieniu zimnego powietrza o temp. od -38

do  $-40^{\circ}\text{C}$ . Stosowane w przemyśle metody zamrażania zaliczane są do tzw. metod ciągłych. Trwałość i jakość produktów mrożonych zależy od długości okresu przechowywania w niskich temperaturach, systemu pakowania oraz temperatury przechowywania zamrażalniczego korzystnie utrzymywanej na niezmiennym poziomie. Zamrażanie hamuje rozwój drobnoustrojów i spowalnia wszelkie przemiany endogenne. Prawidłowo przeprowadzone zamrażanie powinno zapewnić wysoki standard jakościowy tuszek pod względem wartości odżywczej oraz cech sensorycznych.

## Piśmiennictwo

- [1] Anders E.: 1996. Określenie handlowej jakości tuszek drobiowych i ich elementów w świetle przepisów UE. Poznań, Centrum Prawoznawstwa i Edukacji w Rolnictwie.
- [2] Anonim: 1993. Jak prawidłowo schładzać, zamrażać i rozmrażać. Mięso i Wędliny, 1, 13–17, 2, 10–12.
- [3] Anonim: 1995. Wpływ chłodzenia na mikroorganizmy (chłodzenie i przechowywanie chłodnicze mięsa). Mięso i Wędliny, 4, 24–30.
- [4] Anonim: 1996. Temperatury przechowywania i trwałość drobiu mrożonego. Mięso i Wędliny, 76, 1, 42.
- [5] Anonim: 1997. Chłodzenie i zamrażanie tusz zwierząt rzeźnych. Mięso i Wędliny, 6, 20–30.
- [6] Anonim: 1997. Wychładzanie tuszek drobiowych. (Przegląd stosowanych metod). Mięso i Wędliny, 4, 34–37.
- [7] Anonim: 1999. Chłodzenie, przechowywanie w stanie schłodzonym i dojrzewanie mięsa. Mięso i Wędliny 8, 30–34.
- [8] Anonim: 2001. Charakterystyka procesów psucia się mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych. Mięso i Wędliny, 3, 32–34.
- [9] Anonim: 2003. Mrożona żywność. Chłodnictwo, 2, 28–32.
- [10] Barbut S.: 2002. Poultry products processing (Chapt. 7), CRC Boca Raton, London, New York.
- [11] Buttkus H.: 1970. Accelerated denaturation of myosin in frozen solution. J. Food Sci., 35(2), 558–562.
- [12] Dziomdziara M., Krala L.: 1998. Krioprotekcja białek mięśniowych. Chłodnictwo, XXXIII (2), 38–41.
- [13] Fik M.: 1995. Zastosowanie modyfikowanej atmosfery do przedłużania trwałości produktów spożywczych. Przem. Spoż., 11, 421–423.
- [14] Kondratowicz J., Kawałko P.: 2000. Wykorzystanie niskich temperatur w konserwacji produktów żywności. Chłodnictwo, XXXV, 6, 32–36.
- [15] Kopeć W.: 1998. Charakterystyka biofizykochemiczna i właściwości żelujące precypitatów aktomiozyny mięśni kurcząt. Zesz. Nauk. AR Wrocł., Rozprawy.
- [16] Kopeć W., Smolińska T., Trziszka T.: 1985. Postmortem metabolism and ultrastructural changes on frozen duck tissues, proteolytic changes. Arch. Geflügelk. 49, 168–174.
- [17] Kosek K., Bystron J., Przysiężna E., Wołoszyn J.: 1998. Wpływ czasu przechowywania na mikroflorę i zapach mięśni kaczek pakowanych próżniowo. Chłodnictwo, XXXIII, 1, 45–47.
- [18] Krala L.: 1996. Pakowanie i przechowywanie dzielonych kurcząt w modyfikowanej atmosferze. Chłodnictwo, XXXI, 11, 37–42.
- [19] Krala L.: 1996. Rola modyfikowanej oraz kontrolowanej atmosfery w przechowywaniu schłodzonego mięsa. Chłodnictwo, XXXI, 2, 35–39.
- [20] Krala L.: 1998. Hiperbaryczne przechowywanie chłodzonego mięsa drobiowego. Chłodnictwo, XXXIII, 4, 43–49.
- [21] Krala L.: 1999. Chłodnicze przechowywanie mięsa i produktów mięsnych w modyfikowanej atmosferze. Chłodnictwo, XXXIV, 7, 40–44.

- [22] Krala L.: 2001. Stabilność barwy mięsa o niskim stopniu przetworzenia. *Chłodnictwo*, XXVI, 7, 36–42.
- [23] Matsumoto J.J.: 1979. Denaturation of fish muscle proteins during frozen storage, [in:] *proteins at low temperature* Ed O.R. Fennema. ACS Adv. Chem. Ser. American Chemical Society, Washington, DC., 205–240.
- [24] Nowak Z., Świtka J.: 1984. Chłodnicze przechowywanie mięsa w modyfikowanej atmosferze. *Gosp. Mięs.*, 1, 5–6.
- [25] Park J.W.: 1994. Cryoprotection of muscle proteins by carbohydrates and polyalcohols. *Review of Aquatic Food Product Technology*, 3(3), 23–40.
- [26] Pawlonka G.: 2001. Kriogeniczne technologie mrożenia i chłodzenia. *Chłodnictwo*, XXXVI, 8/9, 8–10.
- [27] Pikul J.: 1999. Utlenianie lipidów w wyrobach z rozdrobnionego mięsa drobiowego oznaczanych różnymi metodami i przechowywanych w warunkach chłodniczych. *Chłodnictwo*, XXXIV, 9, 76–80.
- [28] Pikul J.: 2001. Przedłużanie okresu trwałości schłodzonego mięsa oraz produktów z mięsa drobiu przez pakowanie w modyfikowanej atmosferze. *Chłodnictwo*, XXXVI, 11, 39–45 i 10, 30–36.
- [29] Pikul J.: 2001. Rola modyfikowanej oraz kontrolowanej atmosfery w przechowywaniu schłodzonego mięsa. *Chłodnictwo*, XXXVI, 8–9, 78–83.
- [30] Pikul J., Niewiarowicz A., Góra A., Szczyrba R.: 1988. Barwa mięsa kurcząt brojlerów podczas chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania. *Gosp. Mięs.*, 40, 23–26.
- [31] Pless P., Kofer J., Getrennte.: 1998. Schlachtung von Salmonella-positiven und Salmonella-negativen Broilerherden als Bestandteil eines Gutereichenprogramms. *Fleischw.*, 78(3), 187–189.
- [32] Polska Norma 1998. Tuszki schładzane 86520.
- [33] Postolski J.: 1998. Opakowanie – ważny czynnik jakości i trwałości mrożonej żywności. *Chłodnictwo*, XXXII, 2, 33–37.
- [34] Postolski J.: 1998. Temperatura podstawowy parametr utrwalania zamrażalniczego żywności. *Chłodnictwo*, XXXIII, 1, 42–46.
- [35] Postolski J.: 2000. Badania nad trwałością mrożonej żywności. *Chłodnictwo*, XXXV, 6, 38–42.
- [36] Postolski J., Gruda Z.: 1999. Zamrażanie żywności. WNT, Warszawa.
- [37] Pyrcz J.: 1980. Wpływ skurczu chłodniczego na fizyczne i sensoryczne właściwości mięsa zwierząt rzeźnych. *Chłodnictwo*, XV, 6, 20–22.
- [38] Ristic M.: 1982. Effect of cooling process on meat quality of broilers cuts. *Fleischw.*, 33(3), 178–183.
- [39] Ristic M.: 1980. Storage of poultry and changes during storage. *Fleischw.*, 60, 1607–1610.
- [40] Rozporządzenie Rady (EWG) NR 1906/90 z dnia 26 czerwca 1990 r. w sprawie niektórych norm handlowych w odniesieniu do drobiu.
- [41] Rozporządzenie Komisji (EWG) NR 1538/91 z dnia 5 czerwca 1991 r. wprowadzające szczegółowe przepisy wykonawcze do rozporządzenia Rady (EWG) nr 1906/90 w sprawie niektórych norm handlowych w odniesieniu do drobiu.
- [42] Rozporządzenie Komisji (EWG) nr 2891/93 z dnia 21 października 1993 r. zmieniające rozporządzenie (EWG) nr 1538/91 wprowadzające szczegółowe zasady wykonywania rozporządzenia (EWG) nr 1906/90 w sprawie niektórych norm handlowych w odniesieniu do mięsa drobiowego.
- [43] Schwagele F.: 1999. Chłodzenie, przechowywanie w stanie schłodzonym i dojrzewanie mięsa. *Mięso i Wędliny*, 8, 30–34.
- [44] Schwagele F.: 2001. Przechowywanie mięsa w warunkach chłodniczych. *Mięso i Wędliny*, 7, 44–45.
- [45] Skrabka-Błotnicka T.: 1973. Badania nad zmianami zachodzącymi w białkach i składzie aminokwasowym mięśni kurcząt brojlerów podczas zamrażania, przechowywania i rozmrażania. *Zeszyty Naukowe Instytutu Zootechniki*, 62, 1.

- [46] Słowiński M.P., Maciejewska A.: 2003. Wpływ metody pakowania na trwałość elementów i kurcząt przechowywanych w warunkach chłodniczych. *Mięso i Wędliny*, 6, 30–35.
- [47] Smolińska T., Abdul-Halim.: 1992. The effect of frozen systems and frozen storage on the quality of broiler tissue muscle. *Arch. Geflugelk.*, 56, 80–85.
- [48] Smolińska T., Abdul-Halim.: 1992. The effect of refrigeration method on meat quality and ultrastructural changes in broiler carcasses stored at -1°C. *Arch. Geflugelk.*, 56, 86–90.
- [49] Smolińska T., Gawrońska B., Malecha M.: 1995. Effect of cryoprotectants and frozen storage on ultrastructural and electrophoretic picture of MDTM proteins. *Arch. Geflugelk.*, 59(5), 257–261.
- [50] Smolińska T., Kopeć W., Trziszka T., Marcinkiewicz G.: 1983. Wpływ różnych systemów ociekania na retencję wody obcej w tuszkach kurcząt brojlerów. *Chłodnictwo*, 7, 16–19.
- [51] Smolińska T., Kopeć W., Trziszka T.: 1982. Postmortem metabolism and ultrastructural changes on frozen duck tissues; glycolytic changes. *Arch. Geflugelk.*, 46, 237–242.
- [52] Smolińska T., Kopeć W., Trziszka T.: 1992. Wpływ zastosowania krioprotektantów na niektóre właściwości funkcjonalne mięsa drobiowego odzyskanego mechanicznie. Postęp w technologii i chemii żywności. *Konf. Naukowa KChiTŻ PAN Poznań, Materiały*, 97–99.
- [53] Smolińska T., Michniewicz H.: 1979. Dynamika procesów proteolizy i denaturacji w mrożonych mięśniach piersiowych bażantów. *Chłodnictwo*, 14, 7–22.
- [54] Smolińska T., Trziszka T.: 1981. Zawartość związków wysokoenergetycznych w tkance mięśniowej kaczek świeżych niemrożonych i zamrożonych. *Chłodnictwo*, 16, 2–15.
- [55] Sobina J., Meller Z.: 1984. Wpływ zamrażania wieprzowiny, metoda tradycyjna i w ciekłym azocie na świeżość tkanki mięśniowej oraz lipidów śródmięśniowych w czasie długotrwałego przechowywania. *Przem. Spoż.*, XXXIII, 94–99.
- [56] Szmańko T.: 1998. Ocena efektywności przechowywania wędzonek w temperaturze bliskiej krioskopowej oraz w stanie zamrożonym (badania modelowe). *Wydawnictwo AR Wrocław, Rozprawy CLIV*, 334, 1–124.
- [57] Trziszka T., Smolińska T., Kopeć W.: 1984. Postmortem metabolism and ultrastructural changes in frozen duck muscle tissues, ultrastructural studies. *Arch. Geflugelk.*, 48, 93–99.
- [58] Uijtenbogaart T.G., Trziszka T., Schreurs F.J.G.: 1993. Cryoprotectant effect during short time frozen storage of chicken myofibrillar protein isolates. *J. Food Sci.*, 58(2), 271–277.
- [59] Veerkamp C.H.: 1983. Estimating and using processing yield standards. 6<sup>th</sup> Symp. *Quality of Poultry Meat*, Ploufragan, France, 329–340.
- [60] Wołoszyn J.: 2002. Charakterystyka fizykochemiczna i technologiczna mięśni kaczek tuczonych przymusowo. *Rozpr. Hab., prace naukowe AE im. Oskara Langego, Wrocław*.
- [61] Woś Z., Ziotecki J.: 1968. Badania nad trwałością tuszek kurcząt przechowywanych w warunkach chłodniczych. *Post. Drob.*, 10 (3), 103–110.
- [62] Zacharewicz A.: 1996. Mrożenie kriogeniczne – sposób na jakość. *Przem. Spoż.*, 8, 78–79.
- [63] Ziotecki J.: 1993. *Technologia mięsa drobiowego* pod red. T. Grabowskiego, WNT, 199–213.
- [64] Ziotecki J., Woś Z., Stanisławiak M., Wcisło H., Wosiek H.: 1990. Doskonalenie technologii schładzania tuszek drobiowych metodą owiewowo-natryskową i badanie ich trwałości podczas ich przechowywania w stanie schłodzonym. *Prace (COBRD), Poznań*.
- [65] Ziotecki J., Woś Z.: 1989. Czynniki wpływające na stan zakażenia i trwałość tuszek drobiowych przechowywanych w stanie schłodzonym. *Zeszyty Naukowe. Drobniarstwa (COBRD), VI*, 99–109.





# 12.

## UTRWALANIE MIĘSA DROBIU METODAMI CHEMICZNYMI I BIOLOGICZNYMI

*Teresa Smolińska, Małgorzata Korzeniowska*

### 12.1. Solenie i peklowanie

#### Funkcje soli

Solenie mięsa oraz innych produktów spożywczych jest jedną z najstarszych metod utrwalania. Z biegiem czasu straciło ono jednak na znaczeniu z uwagi na wprowadzenie nowocześniejszych metod konserwacji mięsa, takich jak: schładzanie, zamrażanie czy niekonwencjonalne metody utrwalania.

Niemniej jednak, chlorek sodu w przetwórstwie mięsa nadal odgrywa znaczącą rolę, zwłaszcza w połączeniu ze związkami azotowymi, w kształtowaniu specyficznych cech sensorycznych przetworów mięsnych. Sól kuchenna dodawana jest do żywności w trakcie procesów przetwarzania z uwagi na swoje właściwości konserwujące i jej wpływ na kształtowanie cech funkcjonalnych wyrobów mięsnych, jak: zdolność wiązania wody, emulgowanie tłuszczu oraz ograniczenie ilości wycieku cieplnego. Cechy te są ściśle skorelowane z ilością dodanej soli [2, 9].

**Chlorek sodu** jako dodatek do wyrobów z mięsa drobiowego spełnia 3 podstawowe funkcje:

- **bakteriostatyczną,**
- **kształtującą profil smakowo-zapachowy,**
- **poprawiającą właściwości funkcjonalne białek mięśniowych.**

W odpowiednim stężeniu zwiększa ciśnienie osmotyczne środowiska, hamując rozwój drobnoustrojów. Bakterie Gram-ujemne, w tym np. *Salmonella* oraz bakterie gnilne, takie jak *Pseudomonas* i *Achromobacter*, są wrażliwe na stężenia soli powyżej 6% [43]. Ponadto, chlorek sodu wiążąc wodę w produkcji, ogranicza jej dostępność dla rozwijających się mikroorganizmów, co określa się tzw. aktywnością wody ( $a_w$ ), czyli stosunkiem ciśnienia pary wodnej nad produktem do ciśnienia pary wodnej nad czystą wodą w tej samej temperaturze. Wartość minimalna  $a_w$ , przy której może przebiegać jeszcze rozwój drobnoustrojów, zależy od wielu czynników natury fizycznej i chemicznej, tj. temperatury, odczynu środowiska, obecności tlenu i stanu fizjologicznego surowca mięsnego, jego

rodzaju oraz zawartości tłuszczu i tkanki łącznej. Większość drobnoustrojów wykazuje zdolność do wzrostu w środowiskach, których aktywność wody wynosi powyżej 0,95, jakkolwiek wzrost niektórych z nich, np. drożdży i pleśni obserwuje się już przy  $a_w$  powyżej 0,80.

Proces przenikania soli (jonów chlorkowych) w głąb produktu zachodzi drogą osmozy i dyfuzji. Sól przenika ze środowiska zewnętrznego (np. solanki) do wewnętrznych partii mięsa. Szybkość dyfuzji nie jest stała, ale zależy od rodzaju mięsa, zawartości tłuszczu, tkanki łącznej, stanu mięsa *post mortem* oraz wielkości kawałków poddanych peklowaniu. Przy niewielkich stężeniach soli (0,2–0,6 M) dochodzi do zwiększania ekstraktywności białek miofibrylarnych, co ma wpływ na kształtowanie tekstury produktów finalnych [31, 43].

Chlorek sodu nadaje produktom typowy smak słony, podnosząc ich walory sensoryczne. Z powodu łagodnego smaku mięsa drobiowego w przetwórstwie najczęściej stosowany jest dodatek soli w ilości ok. 2–2,5%. Aktualnie jednak dąży się do produkcji przetworów dietetycznych o niskiej zawartości soli [26]. Jony sodu uważane są bowiem za czynnik wpływający na wzrost ciśnienia tętniczego u ludzi, dlatego też podjęto próby zastąpienia chlorku sodu innymi solami, np. chlorkiem potasu, magnezu, litu, amonu lub korzystnie można zastąpić część chlorku sodu np. fosforanami w ilości 0,25–0,5% [20]. Ogólnie w mięsie zawartość sodu kształtuje się na poziomie ok. 70–100 mg/100 g. Bezpieczne spożycie jonu sodowego przez ludzi mieści się w granicach od 1100 do 3300 mg dziennie, natomiast minimalne dzienne zapotrzebowanie określone dla przeciętnego dorosłego człowieka wynosi 200 mg sodu lub 0,5 g soli kuchennej. Zawartość sodu w różnych asortymentach przetworów drobiowych jest zróżnicowana bez względu na zalecenia stosowania zasad dobrej praktyki produkcyjnej [31]. Według Maurera [26] zawartość sodu w wyrobach drobiowych jest różna i np. w pieczonych kurczętach wynosi 82 mg Na/100 g, pieczonych indykach 64–72 mg Na/100 g, w parówkach z kurcząt 1370 mg Na/100 g, a w kiełbaskach z indyka 878 mg Na/100 g.

Obowiązujące przed wejściem Polski do Unii Europejskiej normy przedmiotowe ograniczały zawartość soli w wędlinach drobiowych, z wyjątkiem wędzonek, do wartości 2,5% [13, 33]. Kierunek wytwarzania przetworów o obniżonej zawartości sodu jest uzasadniony z uwagi na coraz większe wymagania konsumentów dotyczące prozdrowotnego charakteru produkowanej żywności. Obniżenie zawartości soli kuchennej wpływa na skrócenie okresu trwałości mikrobiologicznej oraz może mieć konsekwencje natury technologicznej, np. pogorszenie stabilności farszów lub pogorszenie tekstury gotowych wyrobów, może również powodować obniżenie wydajności produkcyjnej [9].

## 12.2. Azotan (III) i azotan (V)

Tradycyjne nazwy: azotan, azotyn, tlenek azotu, tlenek diazotu, ditlenek azotu są według aktualnej terminologii nieaktualne i należy używać następujących określeń: azotan (V), azotan (III), tlenek azotu (II), tlenek azotu (I), tlenek azotu (IV) [7, 12, 13].

**Chlorek sodu i azotan sodu III (lub V) to podstawowe składniki mieszanek peklujących.** Azotany (III) i (V) są to związki chemiczne powszechnie stosowane w przemyśle mięsnym i drobiarskim pod postacią azotanu (III) potasu (E249), sodu (E250) wyłącznie jako dodatek do żywności w postaci peklosoli lub jako azotanu (V) sodu (E251)

i potasu (E252) stosowany przy produkcji konserw [4, 5]. **Azotan (III), podobnie jak sól kuchenna, spełnia w przetwórstwie różnorodne funkcje:**

- bakteriostatyczną,
- barwotwórczą,
- antyoksydacyjną,
- profilowania smaku i zapachu [11].

Bakteriostatyczne oddziaływanie azotanów (III) jest bardziej skuteczniejsze przy dodatku chlorku sodu. Azotany (III) i (V) ograniczają rozwój bakterii *Staphylococcus aureus*, obniżają oporność cieplną przetrawników, hamują wzrost bakterii *Clostridium botulinum* wytwarzających w postaci pałeczek bardzo silnie trującą toksynę jadu kielbasianego. Azotan (III) sodu oraz chlorek sodu działają również bakteriostatycznie, na bakterie Gram-ujemne. Bakteriostatyczne działanie azotanów (III) wspomaga stosowany dodatek kwasu sorbowego. Kwas sorbowy reaguje z azotanem (III) i powstaje kwas etylnitrozowy, kwas ten ma skuteczniejsze działanie od kwasu, sorbowego (już w ilości 0,001%). Używając w procesie peklowania kwasu sorbowego, można ograniczyć dawkę azotanów (III) [4, 11]. Mimo pozytywnej roli, jaką odgrywają azotany (III) w hamowaniu rozwoju drobnoustrojów oraz swojej funkcji antyoksydacyjnej, są one szkodliwe dla zdrowia człowieka. Powstały z azotanu (III) lub azotanu (V) tlenek azotu (NO) może wiązać się z hemoglobina krwi człowieka, czyniąc ją nieaktywną, jak również mogą powstawać rakotwórcze nitrozaminy [11, 28, 36].

Z uwagi na znaczną szkodliwość azotanów (III) i (V) dla zdrowia człowieka ich stosowanie jest ściśle kontrolowane i określone przez odpowiednie zarządzenia. Zawartość środków peklujących wyrażona sumą azotanów (III) i (V) oraz innych dodatkowych substancji dozwolonych w wyrobach drobiarskich powinna być zgodna z aktualnym zarządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej [13]. Prawo żywnościowe UE dotyczące stosowania azotanów (III) i (V) zostało uwzględnione w Polsce w 2003 roku.

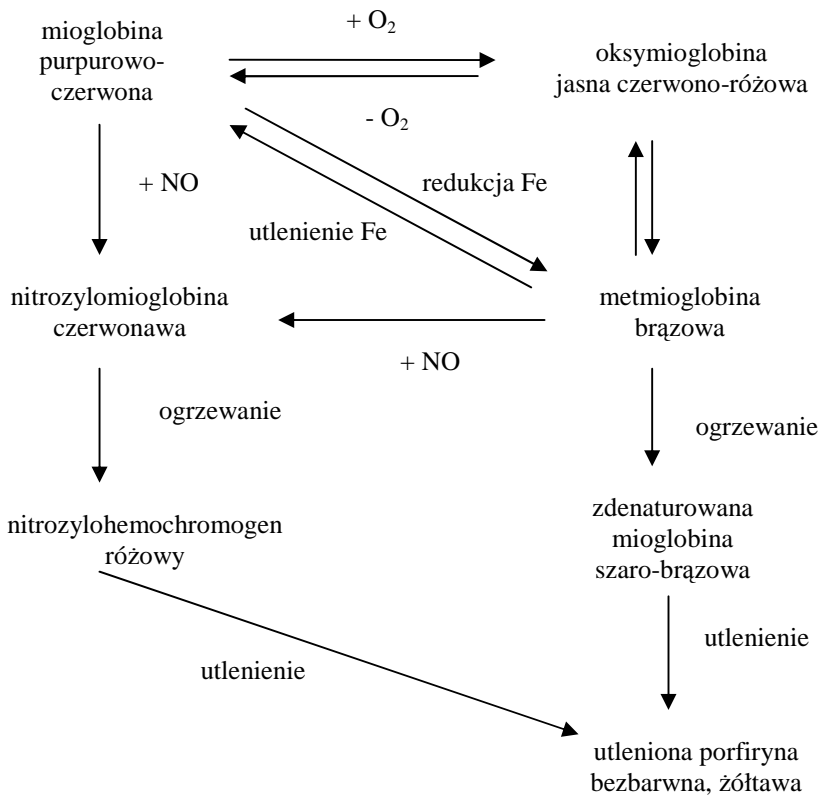
Azotan (III) sodu stosować można do produkcji konserw drobiowych sterylizowanych i pasteryzowanych, wędlin oraz wyrobów garmażeryjnych w formie tzw. peklosoli, tj. w mieszance z solą. Niezależnie od metody peklowania maksymalna ilość azotanów (III), którą można zastosować w trakcie produkcji wyrobów mięsnych wynosi 150 mg NaNO<sub>2</sub> w kilogramie produktu, natomiast w technologii produktów sterylizowanych 100 mg NaNO<sub>2</sub> w kg wyrobu [12]. W produktach drobiarskich takich jak kielbasy, szynka drobiowa i inne wyroby zawartość sumaryczna azotanów (III) i (V) na ogół nie przekracza 0,08–0,05 g/kg [28]. Ponieważ produkty drobiowe charakteryzują się niskim poziomem zawartości azotanów (III) są bezpieczne dla zdrowia człowieka. Aktualnie stosowanie obowiązkowe peklosoli pozwala w znacznym stopniu uniknąć przedawkowania azotanów (III). Ponadto, wprowadzenie nowoczesnych technologii, pełnej automatyzacji przy produkcji wędlin oraz stałych systemów kontroli higieny podnosi bezpieczeństwo zdrowotne produktów drobiarskich. W wyniku specyficznych reakcji biochemicznych i mikrobiologicznych zachodzących w mięsie peklowanym powstaje typowa barwa produktów peklowanych.

## Barwa produktów peklowanych

Powstawanie nitrozylobarwnika, który nadaje charakterystyczną (jasnoróżową) barwę mięsa peklowanego, jest przedmiotem ciągłych badań [6, 7, 11].

Czerwony barwnik mięśni – mioglobina (patrz rozdz. 5) jest wrażliwy na działanie tlenu atmosferycznego, co powoduje tworzenie się szarego zabarwienia na powierzchni

produktu w rezultacie kontaktu z powietrzem. Ogrzewanie, szczególnie gotowanie, jak również dodatek soli wpływa na powstanie szarego zabarwienia mięsa. Trwałym i niekorzystnym zmianom barwy mięsa zapobiec można w wyniku zastosowania operacji peklowania. Wprowadzenie azotanu (III) do mięsa powoduje przejście mioglobiny w nitrozylometmioglobinę, z utworzeniem jako produktu pośredniego metmioglobiny o szarym zabarwieniu. Powstała w mięsie surowym nitrozylometmioglobina (zwana również azototlenkiem mioglobiny) ulega dalej powolnej redukcji do nitrozylomioglobiny (nitrozyloksymoglobiny) nadającej mięsu barwę czerwoną [11]. Obróbka termiczna (każdego typu) mięsa peklowanego przekształca ten wrażliwy barwnik w stabilniejszą formę nitrozylohemochromogenu, który ulega denaturacji cieplnej z wytworzeniem charakterystycznej różowej barwy produktu. W kwaśnym środowisku (najkorzystniej przy  $\text{pH}=5,5$ ) azotan (III) zostaje zredukowany do tlenku azotu, który łącząc się z żelazem zawartym w mioglobinie (lub hemoglobinie), zapobiega utlenianiu się tego metalu i powstawaniu szarej barwy mięsa. Powstały kompleks nitrozylomioglobiny, nitrozomioglobiny i rodniko-kation-nitrozylomioglobiny jest stabilny i nie ulega zmianom pod wpływem światła, tlenu oraz ciepła. Reakcje tego typu mogą przebiegać przy współdziałaniu cytochromu c i enzymów NADH jako reduktorów (rys. 12.1).

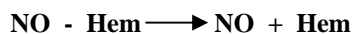


Rys. 12.1. Schemat przemian mioglobiny w procesach utleniania i peklowania, [6]

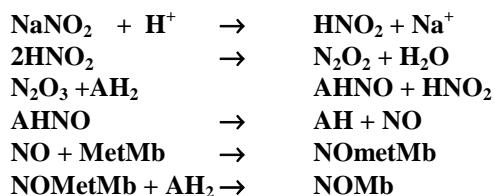
Istotnym czynnikiem decydującym o efektywności peklowania, jak już wspomniano wyżej, jest odczyn mięsa, który ma istotny wpływ na ilość wolnych azotanów (III) w gotowym produkcie [7, 29].

W literaturze [4] podaje się, że tlenek azotu niezależnie od dostarczania z zewnątrz może być syntetyzowany również w organizmie żywym w organach i tkankach, gdzie pełni wiele różnorodnych funkcji, np. przeciwdziała rozwojowi nadciśnienia tętniczego krwi, zapobiega rozwojowi miażdżycy, rozszerza drogi oddechowe, pomaga zwalczyć infekcje, reguluje wydzielanie niektórych hormonów. Tlenek azotu jako wolny rodnik w zależności od stężenia w środowisku zachowuje się jak potencjalny antyoksydant (m.in. bierze udział w terminacji peroksydacji lipidów) lub też prooksydant, zwłaszcza w działaniach pośrednich, po reakcji z tlenem cząsteczkowym bądź z anionorodnikiem ponadtlenkowym. Związek ten jest szybko degradowany w wyniku reakcji z tlenem, dwutlenkiem azotu i anionorodnikiem ponadtlenkowym i w tej formie wydalany z organizmu.

W wyniku reakcji II-rzędowych amin z wolnymi azotanami (III) powstają nitrozoaminy, które mają właściwości kancerogenne [21, 35]. Tworzenie się rakotwórczych nitrozoamin z amin i azotanów (III), szczególnie w produktach, do których dodano azotany w trakcie produkcji, budzi wiele kontrowersji natury zdrowotnej. Negatywne działanie nitrozoamin jest potęgowane przez obróbkę cieplną. W związku z powyższym, w wielu krajach przeprowadzono postępowania legislacyjne zmierzające do ograniczenia stosowania azotanu, zmniejszono też znacząco wyjściowe dawki azotanu (III). Dane literaturowe [4, 5] dotyczące łącznego przyjmowania azotanów wraz z wodą i środkami spożywczymi podają poziom rzędu 70 do 130 mg/dzień (z czego tylko część pochodzi z przetworów mięsnych). Wyliczona z tych wartości ilość tlenu azotu syntetyzowana przez organizm wynosi od 0,2 do 1,1 mg/dzień; jest to wartość stosunkowo wysoka. Redukcję azotanów (V) do azotanów (III) z wytworzeniem tlenu azotu prowadzą ponadto bakterie [7]. Dla bakterii redukujących azotan (V) szczególnie korzystne jest pH w zakresie 5,6–6,0. Wpływ temperatury na zachowanie się barwników mięśniowych był przedmiotem licznych badań [6, 7, 8, 29]. Stwierdzono między innymi, że najszybsze przereagowanie barwników w mięsie wieprzowym następuje w przedziale temperatur pomiędzy 55 a 65°C. Wyniki badań nad ustaleniem temperatury dogrzania mięsa drobiowego wskazują, że winna być ona wyższa aniżeli w przypadku zwierząt dużych. Mięśnie jasne i ciemne drobiu powinno dogrzewać się do temp. 82–87°C [29]. Z praktyki przemysłowej wiadomo, że barwa mięsa peklowanego ulega pojaśnieniu, szczególnie pod wpływem światła i powietrza. Barwniki mięsa peklowanego ulegają reakcjom chemicznym, które doprowadzają do zmiany barwy:



**Barwnik mięsa peklowanego w obecności tlenu atmosferycznego nie jest trwały, co zależy od stopnia dysocjacji kompleksu tlenek azotu – hem (nitrozylohem).** Kompleksy tlenu azotu podlegają tzw. fotodysocjacji (fotolizie) pod wpływem światła i tlenu [7]. Chcąc uniknąć rozjaśnionej barwy mięsa peklowanego, można stworzyć środowisko redukujące, np. przez dodanie kwasu askorbinowego. W obecności kwasu askorbinowego azotan (III) jest redukowany do tlenu azotu. Tworzy kompleks z metmioglobina (nitrozylometmioglobina), która jest z kolei redukowana do nitrozylomioglobiny. Wpływ czynnika redukcyjnego przebiega według reakcji [43]:



W celu zwiększenia stopnia przepeklowania mięsa stosuje się do mieszanek peklujących dodatek cukrów, które stanowią dobrą pożywkę dla mikroorganizmów, co w konsekwencji prowadzi do zakwaszania środowiska. Mogą być również użyte inne regulatory kwasowości, takie jak: kwas cytrynowy lub glukonowy [1, 2].

W trakcie procesu peklowania azotan (III) tylko częściowo zostaje związany przez barwniki hemowe. Dane literaturowe nie są jednoznaczne: według niektórych badaczy [8] aż 60–90% dodanego azotanu (III) wiąże się z barwnikami, natomiast inni autorzy [4, 6] sugerują, że tylko ok. 15% wiąże się z mioglobina, ok. 20% przekształca się w azotany, od 1 do 5% wydziela się w postaci gazowej, 5–15% wiąże z wiązki tiolowe, około 5% lipidy. Pozostaje w stanie niezwiązanym ok. 5–20% azotanów (III). Występujące różnice w bilansie azotu wynikają na ogół z różnorodnych funkcji biochemicznych poszczególnych mięśni, przykładem mogą być mięśnie jasne i ciemne u drobiu.

Brak jest danych literaturowych jednoznacznie stwierdzających, czy mechanizm powstawania barwy mięsa peklowanego przebiega identycznie dla mięsa rozdrobnionego i nie poddawanego operacjom mechanicznego rozdrabniania. Ponadto stopień uszkodzenia struktury (w mięsie rozdrobnionym) zależy od wielu czynników natury technologicznej, jak i od rodzaju surowca. Wiele przemawia za tym, że powstawanie połączenia tlenu azotu z mioglobina w produkcie przebiega wieloetapowo i według zróżnicowanych mechanizmów. Dane literaturowe dotyczące bilansu azotanów (III i V) w procesie peklowania nie są spójne, można jedynie stwierdzić, że ok. 10–30% azotanu (V) pozostaje w produkcie w niezmienionej formie, ok. 45% zostaje wykorzystane do tworzenia typowej barwy mięsa peklowanego, pozostała zaś część jest zaangażowana w reakcjach towarzyszących [6, 7].

## Smak i zapach mięsa peklowanego

Powszechnie uznaje się, że azotan (III) dodany do mięsa modeluje w sposób specyficzny jego smakowość. Niemniej jednak, wciąż nie do końca wyjaśnione jest, jakie składniki (związki) są odpowiedzialne za specyficzny smak i aromat mięsa peklowanego. Charakterystyczny aromat produktów mięsnych peklowanych składa się (zgodnie z obecnym stanem wiedzy) z sumarycznego oddziaływania sensorycznego wielu związków. Analiza jakościowa (chromatografia gazowa) substancji odpowiedzialnych za smak mięsa peklowanego i niepeklowanego jest zbliżona, podczas gdy w niektórych związkach zaobserwowano różnice ilościowe, co prawdopodobnie ma wpływ na kształtowanie profilu sensorycznego. Można wymienić jedynie kilka związków, które występują w mięsie peklowanym. Są to np. związki karbonylowe pochodzące z utleniania tłuszczów, ale występują one w mniejszej ilości w porównaniu z mięsem nie peklowanym [7]. Na tej podstawie wysunięto wniosek o przeciwutleniającej roli azotanów (III). Kontakt tlenu atmosferycznego z polienowymi kwasami tłuszczowymi powoduje powstawanie posmaku jełkiego, a w mięsie ogrzewanym charakterystycznego posmaku i zapachu „mięsa ogrzewanego” (WOF). Również cholesterol zawarty w mięsie ulega utlenieniu do wielu różnych

pochodnych, z których większość uznawana jest za szkodliwą dla zdrowia człowieka. Azotany (III) z reguły opóźniają procesy utleniania, najprawdopodobniej poprzez przekształcenie w tlenek azotu i tworzenie połączeń z żelazem, dzięki czemu zapobiegają oksydacji polienowych kwasów tłuszczowych [5, 23]. Dodatek azotanu (III) sodu do mięsa drobiowego odkostnionego mechanicznie w ilości 0,01–0,02% zwalnia tempo niekorzystnych procesów oksydacyjnych [4, 19]. Niektóre badania [7, 25] wskazują na to, że związki lotne oraz związki zawierające siarkę są nośnikami aromatu mięsa peklowanego.

## Metody peklowania

Istnieją trzy podstawowe metody peklowania: **peklowanie na sucho**; w tej metodzie mięso jest posypywane solą peklującą, przetrzymywane w temperaturze chłodniczej przez okres zależny od stopnia rozdrobnienia. Na przykład mięsa drobne z 2% dodatkiem peklosoli po dokładnym wymieszaniu pozostawia się na 1–2 doby. Proces peklowania wędlin drobiowych można wydatnie skrócić (do 2–6 godz.), gdy sole peklujące i inne dodatki podaje się w trakcie procesu rozdrabniania w kutrze lub masowania. Wymaga to jednak koniecznie użycia substancji przyspieszających peklowanie, m.in. kwasu askorbinowego lub izoaskorbinowego. Ten system peklowania w przemyśle drobiarskim jest zalecany dla surowca przygotowywanego do produkcji wędlin trwałych, tak aby mięso zawierało jak najmniej wody.

**Peklowanie na mokro (metodą zalewową)** stosuje się do dużych elementów, np. całe tuszki, poszczególne elementy lub filety piersiowe. Polega na użyciu solanki peklującej o odpowiednim w zależności od surowca i jego przeznaczenia stężeniu. Czas peklowania jest również dobierany stosownie do surowca i jego przeznaczenia. W metodzie tej rozpuszczone substancje peklujące wnikają do mięsa, ale też niektóre składniki mięsa – takie jak białka, związki rozpuszczalne – mogą przechodzić do solanki. Przy stosowaniu tego typu peklowania należy zachować proporcje pomiędzy ilością solanki a ilością peklowanego mięsa. Metoda ta nie jest obecnie szeroko stosowana z uwagi na trudność w sterowaniu stężeniem soli w gotowym wyrobie, co wiąże się z różną szybkością dyfuzji soli do mięsa w zależności od stężenia substancji peklującej, temperatury, struktury mięsa itd. Modyfikacją peklowania zalewowego jest proces prowadzony w mięsie rozdrobnionym w masownicach lub mieszarkach, gdzie ilość dodanej solanki może wynosić od kilkunastu do ponad 100% w stosunku do masy mięsa. Należy jednak zapewnić niską temperaturę procesu (0°C), podciśnienie i stopniować dodatek solanki.

Obecnie stosuje się często tzw. **peklowanie nastrzykowe**. Solankę wprowadza się domięśniowo, nastrzykując ją aparatem wieloigłowym. System ten stosowany jest w przypadku mięsa drobiu przy produkcji dużych kawałków mięśni, przeznaczonych szczególnie na wędzonki parzone. System wprowadzania do tkanki określonej ilości solanki (np. w masownicy) ułatwia i przyspiesza równomierny proces peklowania.

W przetwórstwie mięsa drobiowego istnieje aktualnie tendencja do ograniczania dodatku azotanów (III) w technologii przetwarzania mięsa, szczególnie dotyczy to mięśni piersiowych. Związane jest to głównie z dietetycznymi walorami mięsa drobiu, przejawiającymi się m.in. wysoką zawartością białka, niską ilością tłuszczu i jasną barwą niektórych wyrobów z mięsa drobiowego. Natomiast mięśnie ciemne drobiu są poddawane różnym sposobom peklowania, przy zachowaniu tendencji ograniczania dodatku azotanów (III) (np. tak aby uzyskać nie więcej niż 40–80 mg azotanu (III) resztkowego w finalnym produkcie).

Stosowane dodatki w procesie peklowania, takie jak kwas askorbinowy czy izoaskorbinowy, wspomagają proces peklowania i utrwalania przetworów z mięsa drobiowego [4].

### 12.3. Rola fosforanów w przetwórstwie mięsa drobiowego

Do najczęściej stosowanych fosforanów w przetwórstwie mięsa drobiowego zalicza się ortofosforan jednopotasowy ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) i trójpotasowy ( $\text{K}_3\text{PO}_4$ ), pirofosforan sodu ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ), trójpolifosforan sodu ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) i potasu ( $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) oraz kwaśny ortofosforan sodu ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) [1, 2, 28]. W praktyce przemysłowej stosowane są różnego rodzaju mieszanki fosforanowe, których skład jest najczęściej opatentowany i chroniony przez producenta. Każda z nich posiada swoją własną nazwę handlową, np. Hamina S, Quadrofos i inne. W polskim przemyśle drobiarskim polifosforany zostały dopuszczone do stosowania w latach 90. XX w., początkowo na podstawie jednorazowych (okresowych) zezwoleń Głównego Inspektora Sanitarnego. Fosforany mogą być stosowane w produkcji przetworów drobiarskich w ilości, która nie przekracza 5,0 g w przeliczeniu na  $\text{P}_2\text{O}_5$  w 1 kg finalnego wyrobu [12].

Fosforany w przetwórstwie mięsa drobiowego spełniają szereg funkcji: przede wszystkim zmniejszają ubytki masy w trakcie obróbki cieplnej (bez względu na jej metodę) poprzez dysocjację aktomiozyny na miozynę i aktynę oraz odsłonięcie miejsc aktywnych przyczyniające się do zwiększenia przyciągania jonów i cząstek polarnych. Obniżenie ilości wycieku cieplnego tłumaczy się również przesunięciem pH od punktu izoelektrycznego białek mięsniowych [17, 34]. Dysocjacja aktomiozyny w wyniku zastosowania dodatku fosforanów ułatwia również pęcznienie białek miofibrylarnych oraz poprawia ich rozpuszczalność w czasie kutrowania, co prowadzi w efekcie do polepszenia wiązania wody i tłuszczu. Związki fosforu zwiększają siłę jonową środowiska, kształtują pH i wykazują dobre właściwości emulgujące. Fosforany skracają czas gotowania mięsa drobiu, np. mięsa kur rosółowych nawet o 10–20% w wyniku zwiększenia udziału jonów fosforanowych w środowisku, co wpływa na usprawnienie procesu przenoszenia ciepła. Ponieważ wiążą wodę, odnosi się wrażenie polepszenia soczystości i kruchości gotowych wyrobów. Dodatkowo, związki fosforu dzięki dobrym zdolnościom buforującym wpływają stabilizująco na barwę mięsa i jego przetworów, co obserwuje się np. w konserwach drobiowych. Pirofosforany wiążą jony Fe i Cu, a polifosforany długołańcuchowe Ca i Mg, dzięki czemu zablokowana zostaje dostępność jonów metali dla drobnoustrojów, jak również działalność katalityczna w procesach oksydacji. Antyoksydacyjna funkcja polifosforanów jest istotna w przypadku mięsa gotowanego i następnie przechowywanego chłodniczo, gdyż zmniejsza niekorzystne zmiany smaku i zapachu (stabilizuje powstawanie WOF w mięsie). Związki te zapobiegają również wystąpieniu żółtego zabarwienia utlenionego tłuszczu. Dodane do mieszanek peklujących przyspieszają proces peklowania, utrwalają barwę (chroniąc mioglobinę przed oksydacją poprzez kompleksowanie jonów żelaza i miedzi) i wspólnie z chlorkiem sodu hamują rozwój drobnoustrojów. Wielofosforany wprowadza się do przetworów drobiowych albo w postaci suchej (peklowanie suche) lub nastrykowej w solance. Można również fosforany dodawać do różnych roztworów np. podczas marynowania, peklowania lub gotowania. W przeprowadzonych badaniach [20] wykazano, że najlepsze



właściwości technologiczne miały farsze sporządzone z mięśni udowych i piersiowych kurcząt przy dodatku 0,5% fosforanów (w przeliczeniu na  $P_2O_5$ ). Dodatek fosforanów wpłynął na obniżenie kwasowości czynnej farszów mięsnych oraz zmniejszenie wycieku cieplnego. Wzrost zainteresowania rolą fosforanów w żywności wiąże się prawdopodobnie z dopuszczeniem stosowania fosforanów jako dodatku do różnego rodzaju przetworów [30]. Fosforany ponadto mogą spełniać zasadniczą rolę zamiennika chlorku sodu w wędlinach drobiowych, a obniżenie zawartości sodu podnosi ich wartość dietetyczną [21].

Pomimo wielu pozytywnych funkcji nadmiar fosforanów nie jest obojętny dla zdrowia ludzkiego, powoduje bowiem zaburzenia w gospodarce wapniowo-fosforowej organizmu. Przypuszcza się, że fosforany dodane w nadmiarze do żywności mogą być współodpowiedzialne za występowanie zaburzeń u dzieci (tzw. syndrom hiperkinetyczny) i różnych zmian alergicznych. Przy dodatku fosforanów należy brać pod uwagę, że mięso chude, jakim jest mięso drobiowe, zawiera naturalnie ok. 0,2% fosforu. Stosowanie jednak rozsądne fosforanów umożliwia wyprodukowanie produktów o dobrej jakości. W praktyce przemysłowej używa się mieszanek fosforanów, których skład jest tajemnicą producenta [30].

## 12.4. Regulatory kwasowości i przeciwutleniacze

**Do najbardziej znanych i najczęściej stosowanych regulatorów kwasowości w przetwórstwie mięsa zaliczamy kwas askorbinowy i izoaskorbinowy.** Oba te kwasy, jak i ich sole sodowe, dzięki swoim właściwościom redukującym wspierają tworzenie barwników mięsa w procesie peklowania, przyspieszając redukcję azotanów (III) do tlenku azotu. Ponadto, regulują pH produktu oraz przyczyniają się do spowolnienia procesów oksydacyjnych w mięsie. Cytryniany, w tym zwłaszcza sodu, stosowane są głównie przy produkcji wędlin, w procesie peklowania. Związki te wpływają korzystnie na tempo tworzenia się nitrozylobarwników, z uwagi na regulację kwasowości środowiska. Cytryniany obniżają również ilość pozostającego w produkcie azotanów (III) i wpływają korzystnie na wydajność gotowego wyrobu poprzez zwiększenie siły jonowej farszu i stopnia spęcznienia białek [1, 2]. Jako regulatory kwasowości mięsa w trakcie przetwarzania można stosować również takie kwasy organiczne, jak: kwas sorbowy i jego sole, propionowy i jego sole wapniowe oraz potasowe, a także kwas octowy, mlekowy i cytrynowy. Najczęściej jednak dodawany jest kwas sorbowy lub jego sole. Kwas sorbowy ma właściwości hamowania rozwoju drobnoustrojów, w tym pleśni. Ponadto, jego użycie w peklowanych przetworach może ograniczyć dawki azotanów (III). Dodatek kwasu sorbowego (w postaci natrysku lub lodu luskowego) wydłuża trwałość tuszek drobiowych do 12 dni. Stosowany jest jednak głównie powierzchniowo do suchych wyrobów mięsnych [36]. Kwas mlekowy używany jest w przetwórstwie mięsa jako regulator kwasowości oraz czynnik kształtujący profil smakowy żywności, wpływając jednocześnie na przedłużenie jej trwałości. Możemy go wprowadzać na różnych etapach procesu przetwórczego, m.in. rozpylać na powierzchni tuszek bezpośrednio po uboju, podawać w trakcie mieszania składników recepturowych wyrobu, stosować na powierzchnię w końcowej fazie procesu technologicznego oraz na powierzchnię pokrojonych wyrobów gotowych przygotowanych do dystrybucji. Kwasu mlekowego używa się najczęściej w ilości 2%, może też być zastosowany w mieszaninie z kwasem octowym propionowym lub cytrynowym. Zanurzenie tuszek kurcząt w roztworze

wodnym z dodatkiem 2,5% kwasu mlekowego wydłuża ich trwałość w trakcie chłodniczego przechowywania do 14 dni [37]. Trwałość filetów z indyka, poddanych obróbce termicznej, nastrzykniętych 0,12% roztworem kwasu sorbowego i po zapakowaniu próżniowym osiągnęła aż 42 dni [19]. W wielu krajach dozwolone jest stosowanie w artykułach żywnościowych mleczanu sodu w ilościach wynikających z GMP. Mleczan sodu wykorzystywany jest jako dodatek wydłużający trwałość produktów mięsnych z uwagi na działanie przeciwbakteryjne. W Polsce, według obowiązującego Rozporządzenia nt. dodatków do żywności, mleczan sodu może być stosowany zgodnie z regulami GMP (*quantum satis*). Przyjmuje się jednak, że jego ilość w produktach mięsnych nie powinna przekraczać 3–4% z uwagi na zmianę walorów sensorycznych. W mięsie i przetworach mięsnych w wyniku dysocjacji soli tworzy niezdisocjowaną formę kwasu mlekowego, która jest bardzo aktywna w hamowaniu rozwoju mikroflory wywołującej zepsucie, w tym patogennej, prowadząc do zwiększenia trwałości. W badaniach [14, 32] stwierdzono, że dodatek mleczanu sodu w ilości 2,8% w próżniowo zapakowanym mięsie drobiowym spowodował wydłużenie trwałości aż do 40 dni w temp. 12°C. Mleczan sodu ma również wpływ na cechy organoleptyczne produktów mięsnych, czerwona barwa mięsa najlepiej jest zachowana przy dodatku 2–3% mleczanu sodu, również poprawia on właściwości smakowo-zapachowe mięsa drobiowego. Mleczan sodu wykazuje także właściwości przeciwutleniające, co w swoich badaniach wykazała Tyszkiewicz [41].

Aktualnie na rynku krajowym znajduje się szereg preparatów produkowanych na bazie soli sodowych lub potasowych kwasu mlekowego, które są naturalnym dodatkiem do produktów mięsnych i drobiowych, takich jak: szynki gotowanej, kielbas parzonych, parówek oraz wyrobów plasterkowanych pakowanych próżniowo, powodują one zwiększenie trwałości i zapewniają bezpieczeństwo mikrobiologiczne produktów.

**Przeciwutleniające** są to związki zapobiegające zmianom chemicznym, jęlczeniu i psuciu się żywności na skutek kontaktu ze światłem i powietrzem. Hamują niekorzystne przemiany oksydacyjne zachodzące w tłuszczach (masło, smalec, margaryny, oleje) oraz w lipidach znajdujących się w przetworach mięsnych i mięsie. Mięso drobiowe jest szczególnie podatne na procesy utleniania z uwagi na specyficzny skład kwasów tłuszczowych. Dominującą frakcją lipidową mięsa drobiowego są fosfolipidy, dotyczy to zwłaszcza mięśni jasnych. Skład kwasów tłuszczowych różnych frakcji fosfolipidów jest zróżnicowany (patrz rozdz. 7) i decyduje o podatności lipidów mięsa na procesy utleniania. Badania [23] wykazały, że fosfatydyloetanolamina odgrywa największą rolę w procesie oksydacyjnego jęlczenia tłuszczów, zwłaszcza po ogrzaniu. Fosfatydyloetanolamina stanowi ok. 30% ogólnej ilości fosfolipidów mięsa i zawiera ponad dwukrotnie więcej kwasów polienowych niż fosfatydylocholina. Procesy oksydacyjne lipidów są zatem główną przyczyną pogorszenia jakości mięsa drobiowego i jego przetworów. Tym niekorzystnym zmianom można częściowo skutecznie zapobiec przez dodatek czystych związków przeciwutleniających bądź ich preparatów, np. BHA (butylohydroksyanizol - E-320), BHT (butylohydroksytoluen – E-321) oraz substancji przeciwutleniających pochodzenia naturalnego, m.in. witaminy E-aktywnej [13]. Związek BHA jest dopuszczony do stosowania w wybranych produktach żywnościowych, w tym w mięsie suszonym, koncentratkach spożywczych wyprodukowanych z udziałem mięsa oraz w paszach dla zwierząt. BHT jako konserwant smalcu oraz tłuszczu wołowego, drobiowego i owczego stosowany jest w ilości nie większej niż 100 mg/kg produktu. Zgoda na używanie szczególnie w produkcji niezemulgowanych

olejów i tłuszczów pochodzenia zwierzęcego dotyczy także tokoferoli (E-306 – mieszanina tokoferoli, E-307 -  $\alpha$ -tokoferol, E-308 -  $\gamma$ -tokoferol, E-309 -  $\delta$ -tokoferol) [13].

Najwięcej uwagi poświęca się ostatnio witaminom o właściwościach antyoksydacyjnych (tj. witamina C, witamina E i  $\beta$ -karoten), ale także przeciwutleniającym właściwościami związków polifenolowych występujących w żywności pochodzenia roślinnego [23, 25] (patrz rozdz. 7). W grupie przeciwutleniaczy można wyodrębnić związki o działaniu synergistycznym, które wspomagają działanie związków przeciwutleniających. Do związków o działaniu synergistycznym zaliczamy kwas fosforowy, cytrynowy, askorbinowy i niektóre aminokwasy. Działają one na zasadzie tworzenia kompleksów z metalami, zapobiegając inicjowaniu procesów utleniania. Związki o działaniu synergistycznym stosuje się często łącznie z przeciwutleniaczem właściwym. Najczęściej stosuje się przeciwutleniacze (w tym tokoferole) w stężeniu 0,15–0,25% [23]. Przemysł mięsny, oprócz przypraw i ziół, zaczyna w coraz większym stopniu doceniać zdolności antyoksydacyjne związków polifenolowych izolowanych z surowców roślinnych. Do najbardziej znanych przedstawicieli tej grupy należy kwas gallusowy (3,4,5-trójhidroksybenzenokarboksyłowy-1). Bardziej skomplikowaną strukturą odznaczają się związki flawonoidowe: antocyjanidyny, katechiny, flawony, flawonole i izoflawony. W mięsie drobiu korzystne antyoksydacyjne działanie katechin, izolowanych m.in. z liści zielonej herbaty wykazali, Tang i wsp. [39], stwierdzając podobną stabilność oksydacyjną mięsa przechowywanego przez 9 miesięcy w porównaniu do mięsa uzyskanego od kurcząt żywionych paszami z dodatkiem  $\alpha$ -tokoferolu. McCarthy i wsp. [27] zaobserwowali bardzo dobre właściwości przeciwutleniające związków izolowanych m.in. z aloesu, kozieradki, imbiru, gorczyca, rozmarynu, szałwi, białek sojowych, białek serwatkowych i zielonej herbaty. Obecnie badania nad pozyskiwaniem związków polifenolowych z różnorodnych, w tym niekonwencjonalnych źródeł roślinnych (tj. gryka, tarczycza bajkalska, wiesiołek i in.) oraz ich aplikacją do przetworów mięsnych są realizowane w wielu ośrodkach naukowych na świecie, w tym również w Katedrze Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

## 12.5. Antybiotyki i probiotyki

Do ochrony i konserwowania żywności były stosowane antybiotyki, których nie wykorzystywano w lecznictwie. W przetwórstwie mięsa antybiotyków używano w celu wydłużenia trwałości produktów finalnych. Działanie utrwalające antybiotyków polega na hamowaniu biosyntezy białek i kwasów nukleinowych drobnoustrojów oraz niszczeniu struktur lipoproteinowych w membranach komórkowych, a przez to naruszeniu równowagi osmotycznej. Antybiotyki stosowane do konserwowania żywności muszą charakteryzować się brakiem toksyczności dla ludzi oraz różnorodnym oddziaływaniem bakteriostatycznym. Poprawę efektywności działania antybiotyków można uzyskać, łącząc ich dodatek z innymi technikami utrwalania, np. schładzaniem lub obróbką cieplną czy napromienianiem. Badania nad trwałością tuszek drobiowych wychładzanych w wodzie z lodem i dodatkiem tetracykliny wykazały, że metoda ta może być stosowana w przemyśle i były one podstawą do wydania zezwolenia w USA na stosowanie chlorotetracykliny i tetramycyny do konserwowania drobiu w 1954 roku. Zanim wydano to zezwolenie, stwierdzono, że w tkankach drobiu gotowanego nie pozostają antybiotyki niezależnie od metody gotowania.

Współcześnie w technologii mięsa są stosowane (w nielicznych krajach) antybiotyki, takie jak: nizyna, natamycyna, bacytracyna, tetracyklina. Działają one na bakterie Gram-ujemne i Gram-dodatnie. Nizyna (E-234) jest skutecznym antybiotykiem o dosyć szerokim spektrum działania. Działa na bakterie Gram-dodatnie i ich przetrwalniki. Jest odporna na wysokie temperatury, wytrzymuje nawet 110°C i dlatego może być używana przy produkcji przetworów pasteryzowanych lub sterylizowanych. Nizyna powoduje zmniejszenie ciepłoporności *Clostridium botulinum*, czyli może działać zastępczo w stosunku do azotanu (III) [4]. Podwyższenie skuteczności jej działania można uzyskać poprzez stosowanie tego antybiotyku m.in. w mieszaninie z olejkami eterycznymi czy też w warunkach modyfikowanej atmosfery. Polskie prawo żywnościowe dopuszcza stosowanie nizyny tylko przy produkcji wybranych serów dojrzewających i topionych oraz produktów z semoliny i tapioki [13]. Natamycyna jest antybiotykiem wytwarzanym przez mikroorganizmy. Wykazuje działanie w hamowaniu rozwoju drożdży i pleśni. Może być stosowana powierzchniowo przy produkcji serów oraz kiełbas peklowanych i suszonych, w stężeniu nie wyższym niż 1 mg/dm<sup>2</sup>. Coraz większa świadomość konsumentów, w tym również w odniesieniu do pozostałości antybiotyków w żywności, zmusiła ustawodawców do wprowadzenia zaostrzonych przepisów europejskich oraz ustalenia dopuszczalnej w UE wartości granicznej zawartości substancji obcych (MRL) [38].

**Probiotykami** nazywamy żywe mikroorganizmy, które dodane do żywności czy pasz dla zwierząt, wpływają korzystnie na organizm gospodarza poprzez poprawę równowagi mikroflory jelitowej [18, 22]. Współczesna rola probiotyków jako promotorów symbiotycznej flory przewodu pokarmowego nabiera coraz większego znaczenia. Dyrektywa nr 2001/79/UE [15] wyraźnie dzieli dodatki czynne w żywieniu zwierząt na dwie grupy: dodatki o charakterze chemicznym i dodatki w formie mikroorganizmów oraz enzymy.

Bakterie kwasu mlekowego są tradycyjnie stosowane do produkcji żywności fermentowanej. Wynika to z ich wpływu na właściwości sensoryczne żywności oraz hamowanie procesów psucia. Ostatnio dużo uwagi poświęca się niektórym szczepom bakterii kwasu mlekowego (LAB). Szczepy mające właściwości probiotyczne należą do rodzaju *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*, są one dodawane do wielu produktów wytwarzanych na bazie mleka, różnych napojów, kiełbas fermentowanych i innych artykułów spożywczych. Drobnoustroje mogą być spożywane wraz z żywnością i wykazywać działanie probiotyczne. W odniesieniu do kiełbas surowych brak, jak dotąd, istotnych badań, które dałyby odpowiedź na cały szereg pytań związanych ze skutecznym działaniem probiotycznym dodawanych szczepów bakterii [18].

### Enzymy

Na przełomie XX i XXI w. stosowanie preparatów enzymatycznych w różnych dziedzinach przemysłu spożywczego, jak i paszowego stało się powszechne. Za pomocą preparatów enzymatycznych można modyfikować białka, polisacharydy, lipidy, a nawet aminokwasy i witaminy. Technologia produkcji enzymów należy do dynamicznie rozwijających się działów biotechnologii, a w tym produkcja preparatów enzymatycznych pochodzenia mikrobiologicznego. Na wprowadzenie preparatów enzymatycznych do przemysłu spożywczego miał ogromny wpływ rozwój inżynierii genetycznej, szczególnie techniki rekombinowanego DNA. Zastosowanie praktyczne preparatów enzymatycznych pochodzenia mikrobiologicznego, w przemyśle rolno-spożywczym, przynosi znaczne efekty ekonomiczne, wynikające przede wszystkim z przyspieszenia niektórych procesów technologicz-

nych, lepszego wykorzystania surowców oraz polepszenia cech jakościowych produktów finalnych [3, 42].

Dotychczas przeprowadzono szereg badań nad przydatnością proteaz roślinnych (papainy, ficyny, bromelainy) i zwierzęcych (trypsyna, chymotrypsyna) oraz bakterii i pleśni na procesy kruszenia mięsa. Enzymy te mają specyficzne działanie na białka miofibrilarne tkanki mięśniowej i białka tkanki łącznej, przez co polepszają kruchość mięsa. Enzymy proteolityczne degradują białka przez hydrolizę ich wiązań peptydowych [3]. Znanych jest wiele enzymów proteolitycznych o różnej sile działania, ale pojedynczo żaden enzym nie jest zdolny do hydrolizy wszystkich wiązań w cząsteczce białka. Dlatego też w przetwórstwie mięsa najczęściej stosuje się kilka preparatów enzymatycznych równocześnie w celu uzyskania pożądanego efektu jakościowego. Enzymy najczęściej stosowane w przetwórstwie mięsa przedstawia tabela 12.1.

Tabela 12.1

Enzymy stosowane w przetwórstwie mięsa według Warchalewskiego [42]

Nazwa	Pochodzenie	Procesy
Papaina	<i>Carica papaya</i>	sztuczne skruszanie mięsa poprzez częściową hydrolizę białek łącznotkankowych, poprawa właściwości funkcjonalnych białek mięsa, przyspieszanie dojrzewania, odzyskanie białek i tłuszczu z elementów niejadalnych
Bromelaina	<i>Ananas comosus</i>	
Ficyna	<i>Focus glabrata</i>	
Proteinazy trzustkowe	gruczoły wydzielania wewnętrznego	
Pepsyna		
Proteinazy drobnoustrojów	<i>Aspergillus oryzae</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Baccillus cereus</i>	

**Coraz powszechniejsze zastosowanie w przemyśle żywnościowym jako substancja konserwująca ma lizozym** występujący w białku jaja kurzego. W 1992 r. Komisja WHO/FAO do spraw stosowania dodatków uznała lizozym za środek w pełni bezpieczny i wydała zezwolenie do stosowania go jako środka utrwalania żywności. Lizozym wykazuje aktywność antibakteryjną i hamuje rozwój niektórych bakterii mezofilnych i termofilnych oraz ich przetrwalników, poprzez hydrolizę wiązań  $\beta$ -glikozydowych pomiędzy kwasem N-acetylmuraminowym i N-acetyloglukozoaminą ściany komórkowej bakterii Gram-dodatnich. Lizozym sam w sobie lub w połączeniu z innymi substancjami, m.in. niziną, EDTA, chlorkiem sodu, hamuje lub spowalnia tempo wzrostu niektórych drobnoustrojów występujących w żywności, m.in. *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* czy *Salmonella typhimurium*; dotyczy to zwłaszcza produktów z mięsa, ryb oraz serów dojrzewających [10, 40]. W badaniach prowadzonych w Katedrze Technologii Surowców Zwierzęcych Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu wykazano, że dodatek lizozymu na poziomie 200 ppm do kiełbas parzonych powoduje znaczącą redukcję mikroflory, a przez to co najmniej dwukrotne wydłużenie ich trwałości przechowalniczej [24]. Lizozym izolowany z białka jaja kurzego stosowany jako konserwant zachowuje swoją aktywność pomimo ekspozycji na temperaturę 65–75°C szczególnie w środowisku kwaśnym, jakim cechują się także produkty mięsne [40].

## 12.6. Gazy ochronne

Produkty drobiarskie takie jak tuszki, elementy oraz cała gama przetworów drobiarskich mają określoną trwałość. Zwiększenie trwałości można osiągnąć przez zastosowanie w atmosferze otaczającej produkt gazów inertnych zamiast czystego tlenu. Przy wyborze techniki pakowania w zmienionej atmosferze uwzględnia się wiele czynników, w tym rodzaj przetworzenia produktu i warunki przechowywania, czyli temperaturę, wilgotność i czas.

W przemyśle drobiarskim są stosowane dwie techniki pakowania w modyfikowanej atmosferze, tj. pakowanie próżniowe i pakowanie w modyfikowanej atmosferze gazów. Zastosowanie obu technik w przemyśle drobiarskim zostało już poruszone w rozdziale 13, przy okazji utrwalania drobiu schładzanego. Pakowanie próżniowe zmniejsza zawartość tlenu, a zwiększa ilość dwutlenku węgla do poziomu, który hamuje rozwój mikroorganizmów, zwłaszcza z grupy *Pseudomonas* i *Achromobacter*. Towarzyszy temu wzrost bakterii kwasu mlekowego. Niektóre badania wskazują [24], że zarówno próżnia, jak i atmosfera z udziałem dwutlenku węgla ogranicza również wzrost bakterii *Salmonella*. Pakowanie próżniowe polega na zapakowaniu produktów w folię lub woreczki wykonane z materiału o niskiej przepuszczalności dla tlenu, usunięciu powietrza do poziomu poniżej 1%, w wyniku czego dochodzi do wzrostu udziału dwutlenku węgla (ok. 10–15%) [15].

Pakowanie drobiu i wyrobów z mięsa drobiowego w atmosferze gazów ochronnych może mieć dwie formy: pakowanie w atmosferze modyfikowanej oraz pakowanie w atmosferze kontrolowanej. To pierwsze polega na utrzymywaniu (kontrolowaniu) stałych proporcji pomiędzy wprowadzanymi gazami, przez cały okres przechowywania na jednakowym poziomie. W drugim systemie nie prowadzi się kontroli stosunku wprowadzanych gazów względem siebie.

Do tak zwanej modyfikowanej atmosfery stosuje się najczęściej następujące gazy: azot, dwutlenek węgla i tlen, możliwe jest także użycie innych gazów, np. dwutlenku siarki. Azot jest gazem obojętnym dla żywności, stosowany jest głównie jako wypełniacz, zapobiegając obkurczeniu się opakowania. Dwutlenek węgla ma właściwości bakteriostatyczne oraz przeciwdziała rozwojowi pleśni. Modyfikuje on błony komórkowe drobnoustrojów, przenika do wnętrza komórek i wpływa na zmianę pH, hamuje szybkość reakcji enzymatycznych. Efekt działania zależy od temperatury (optimum 5°C). Zbyt duże stężenie dwutlenku węgla może powodować zmiany smaku i zapachu oraz barwy. Dlatego potrzebny jest pewien poziom tlenu do zachowania odpowiedniej barwy schłodzonego mięsa. Nadmiar tlenu doprowadza do zmian oksydacyjnych w tłuszczach, jak i stwarza dogodne warunki do rozwoju mikroflory tlenowej, w której dominują bakterie *Pseudomonas*.

Optymalne proporcje stężenia gazów stosowane dla drobiu świeżego – schłodzonego oraz przetworów to: 60–70% tlenu, 20–40% dwutlenku węgla i 0% azotu lub 50% azotu 50% dwutlenku węgla [15, 24]. Z badań przeprowadzonych w Polsce [21] wynika, że optymalny skład atmosfery kontrolowanej dla drobiu schładzanego jest: 75% dwutlenku węgla, 20% azotu, 5% tlenu w temp. -1–3°C umożliwia zachowanie przydatności konsumpcyjnej całych tuszek przez 3–4 tygodnie, elementów kulinarnych z kością od 10 do 14 dni, dla mięśni piersiowych okres ten wydłuża się do 21 dni. Pakowanie w modyfikowanej atmosferze jest zalecane w praktyce dla produktów z mięsa drobiu, jako metoda wydłużenia trwałości zarówno w obrocie handlowym hurtowym, jak i detalicznym.

W systemie pakowania próżniowego lub w modyfikowanej atmosferze trudno wyeliminować nadmiar tlenu z opakowania, a jego ilość zależy od szczelności i przepuszczalności stosowanych folii opakowaniowych. Dlatego ważne jest stosowanie tzw. absorbentów tlenu, którym może być sproszkowane żelazo umieszczone w woreczku, przepuszczalnym dla pary wodnej i tlenu. Żelazo, wyłapując tlen, przechodzi w tlenek żelaza. Dodatek wskaźnika redox powoduje zmianę zabarwienia w zależności od ilości pochłoniętego tlenu. Obecność saszetek z pochłaniaczem tlenu wewnątrz opakowania nie jest zawsze akceptowana przez konsumentów. Dlatego postarano się o lepsze rozwiązania poprzez zastosowanie specjalnych folii pochłaniających tlen. Kawałki takich folii można umieszczać wewnątrz opakowania [15].

## 12.7. Streszczenie

Utrwalanie mięsa drobiu za pomocą metod chemicznych ma na celu zachowanie jego naturalnych cech, nadanie produktom pożądanym przez konsumenta cech sensorycznych oraz wydłużenie trwałości. Do najważniejszych substancji używanych w procesie peklowania mięsa zalicza się chlorek sodu, azotan (III) sodu, fosforany, kwasy organiczne oraz synergenty. Związki te kształtują specyficzną barwę, smakowość i wspomagają uzyskanie odpowiednich cech finalnego produktu, tj. dobrą wodochłonność, wysoką wydajność, a także prawidłową teksturę. Niemniej jednak nie są one obojętne dla zdrowia człowieka, dlatego też ich stosowanie w przetwórstwie mięsa drobiowego jest ograniczone do niezbędnego minimum, co regulują odpowiednie zarządzenia i ustawy. Mięso drobiu oraz jego przetwory z uwagi na wysoką zawartość kwasów polienowych, w trakcie przechowywania, łatwo ulega procesom oksydacyjnym. Aby zapobiec utlenianiu lipidów, można stosować jako dodatek do pasz lub w procesie przetwarzania związki o charakterze przeciwutleniającym pochodzenia naturalnego lub syntetyczne. Do przeciwutleniaczy naturalnych zaliczamy pochodne tokoferolu, witaminy C i A. Antyoksydanty syntetyczne to BHT, BHA Probiotyki, czyli niektóre szczepy bakterii kwasu mlekowego, są stosowane do produkcji żywności fermentowanej, m.in. fermentowanych kiełbas. Aktualnie przemysł spożywczy stosuje preparaty enzymatyczne głównie do modyfikacji białek, polisacharydów, lipidów, kwasów nukleinowych czy mniejszych cząsteczek, jak np. aminokwasy. Preparaty enzymatyczne stosowane w przetwórstwie mięsa są pochodzenia roślinnego lub mikrobiologicznego. Jednym ze sposobów stosowanych w przemyśle drobiarskim do wydłużenia okresu trwałości konsumpcyjnej drobiu i produktów z mięsa drobiowego jest pakowanie w atmosferze modyfikowanej. Stosowane są dwie metody pakowania, tj. w modyfikowanej atmosferze i w kontrolowanej atmosferze. Podstawowym gazem używanym do atmosfery modyfikowanej jest dwutlenek węgla w stężeniu powyżej 10% oraz azot. W celu ochrony przed nadmiernym udziałem tlenu stosuje się absorbenty tlenu pod postacią sproszkowanego żelaza, które umieszczone są w woreczku pochłaniającym nadmiar tlenu.

## Piśmiennictwo

- [1] Anonim: 1996. Coraz większa różnorodność. Przegląd substancji dodatkowych dozwolonych do stosowania w krajach UE. Mięso i Wędliny, 2, 6–7.
- [2] Anonim: 1996. Dodatki funkcjonalne dozwolone do stosowania w przetwórstwie mięsnym w Polsce. Mięso i Wędliny, 2, 2–4.
- [3] Anonim: 1996. Enzymy proteolityczne w produkcji wędzonek gotowanych. Mięso i Wędliny, 2, 22–23.
- [4] Anonim: 2004. Azotany, azotyny i nitrozoaminy. Mięso i Wędliny, 6, 66–72.
- [5] Anonim: 2004. Zastosowanie azotynów i azotanów w ekologicznym przetwórstwie mięsa. Mięso i Wędliny, 3, 50–54.
- [6] Arneht W.: 1998. Chemische Grundlagen der Umrotung. Fleischwirtschaft., 8, 868–874.
- [7] Arneht W.: 2001. Über die Chemie des Pokelaromas. Fleischwirtschaft., 3, 885–887.
- [8] Cassens R.G.: 1994. Meat Preservation (preventing losses and assuring safety). Turnbull. Food and Nutrition Press, Rozdz., 6, 79–92.
- [9] Cegiłka A., Arciszewska A., Mroczek J.: 2003. Wpływ wielkości dodatku soli kuchennej i stopnia rozdrobnienia mięsa na właściwości farszów drobiowych z transglutaminazą. Mięso i Wędliny, 4, 28–35.
- [10] Cunningham F.E.: 1991. Egg-white lysozyme as a food preservative. World's Poultry Sci. J., 47, 141–163.
- [11] Duda Z.: 1998. Wybrane zagadnienia stosowania azotynu w przetwórstwie mięsa. Żywność, Technologia, Jakość, 3(16), 5–42.
- [12] Dziennik Ustaw nr 9 z 5.02.2001. Rozporządzenie nr 72 Ministra Zdrowia z 27.12.2000 w sprawie wykazu dopuszczalnych ilości substancji dodatkowych i innych substancji obcych dodawanych do środków spożywczych lub używek, a także zanieczyszczeń, które mogą znajdować się w środkach spożywczych.
- [13] Dziennik Ustaw, Nr 94 poz. 933, 30 kwietnia 2004. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23.04.2004 roku w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu.
- [14] Dyrektywa UE 95/2 1998. Część III c dodatki do żywności.
- [15] Dyrektywa UE 79/2001. Dodatki do żywienia zwierząt.
- [16] Dyrektywa 2006/52/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 lipca 2006 r. zmieniająca dyrektywę 95/2/WE w sprawie dodatków do żywności innych niż barwniki i substancje słodzące oraz dyrektywę 94/35/WE w sprawie substancji słodzących używanych w środkach spożywczych.
- [17] Hamme G.F.: 1998. Produkcja kielbas drobno rozdrobnionych, zastosowanie transglutaminazy pochodzenia mikrobiologicznego i dwufosforanu. Mięso i Wędliny, 46, za Fleischwirtsch., 11, 1155–1162.
- [18] Hammes H.,P., Haller D.: 2000. Probiotyki w przetwórstwie mięsa. Mięso i Wędliny, 56–61, za Fleischwirtsch., 1998, 4, 301–306.
- [19] Kijowski J.: 1993. Elementy nowoczesnego przetwórstwa drobiu szansą różnorodnej i wysokowartościowej żywności, PTTZ, Poznań.
- [20] Kopeć W., Smolińska T.: 1991. The effect of ionic strength and pyrophosphate on protein extraction and texture of sausages from chicken muscles. Proceed. 10<sup>th</sup> Europ. Symp. Poultry Meat Quality. Doorwerth. Netherlands, 139–148.
- [21] Krala L.: 1996. Kontrolowana i modyfikowana atmosfera przedłuża trwałość chłodzonego drobiu. Stan badań i wnioski praktyczne. Chłodnictwo, XXXI, 2, 35–39.
- [22] Libudzisz Z.: 2002. Mikrobiologiczne i technologiczne aspekty probiotyków. Probiotyki, PTTŻ, Warsztaty w ramach projektu Flair-Flow Europe IV.



- [23] Malczyk E.: 2001. Wpływ pasz z dodatkiem olejów roślinnych i alfa-tokoferolu na zmiany oksydacyjne tłuszczu oraz właściwości sensoryczne mięsa kurcząt. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 3,(28), 32–43.
- [24] Malicki A., Jarmoluk A., Brużewicz S.: 2003. Wpływ dodatku lizozymu na trwałość i bezpieczeństwo mikrobiologiczne kielbas w osłonce barierowej. *Med. Wet.*, 2(2), 29–37.
- [25] Matyka S.: 1996. Przeciwwutleniające dodatki paszowe w żywieniu drobiu, 28–49.
- [26] Maurer A.J.: 1983. Reduced sodium usage in poultry muscle foods. *Food Technol.* 37, 7, 60–65.
- [27] McCarthy T.L., Kerry J.P., Kerry J.F., Lynch P.B., Buckley D.J.: 2001. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Sci.*, 57, 177–184.
- [28] Michalski M.: 1996. Zawartość azotynów i azotanów w wybranych produktach drobiowych. *Gosp. Mięś.*, 35, 52–53.
- [29] Mielnik M.: 1981. Barwotwórcze funkcje obróbki cieplnej w procesie peklowania mięsa drobiowego (badania modelowe), AR Wrocław.
- [30] Moller S., Rahn M., Schneider F.: 2001. Fosforany w produkcji kielbas parzonych (Wpływ różnych preparatów fosforanowych na jakość kielbas). *Mięso i Wędliny*, 1, 2003, 20–22, za *Fleischwirtsch.*, 8, 101–103.
- [31] Mroczek J.: 1991. Aspekty technologiczne i zdrowotne stosowania soli kuchennej w przetwórstwie. *Gosp. Mięś.*, 43, 1, 23–26.
- [32] Napierała W.: 1981. Mleczan sodu w przetwórstwie mięsa. *Gosp. Mięś.*, 36, 28–35.
- [33] PN-A-86526.: Produkty drobiarskie. Wędliny drobiowe.
- [34] Rutkowski A., Gwiazda., Dąbrowski K.: 1997. Substancje dodatkowe i składniki funkcjonalne żywności. *Agro. Food Technol.*
- [35] Sebranek J.G., Casseus R.G., Hoekstra W.G.: 1973. Fats of added nitrite. *Proceed. Int. Symp. Nitrite Meat Prod.*, Wageningen, Netherlands, 139–142.
- [36] Skrabka-Błotnicka T.: 2001: *Higiena Żywności*, Wyd. AE we Wrocławiu.
- [37] Smolińska T., Trziszka T., Kryus U.: 1981. Ocena trwałości tuszek kurcząt przechowywanych w temp. 4°C na podstawie wyróżników fizykochemicznych. *Mat. XII Sesji Nauk. KTiChŻ PAN, Lublin*, 212–214.
- [38] Stark J.: 2002. Wykrywanie antybiotyków w mięsie. *Mięso i Wędliny*, 1, 38–41.
- [39] Tang S.Z., Kerry J.P., Sheehan D., Buckley D.J.: 2002. Antioxidative mechanisms of tea catechins in chicken meat systems. *Food Chem.*, 76, 45–51.
- [40] Trziszka T., Kopec W.: 1997. Lizozym i jego charakterystyka. Cz. I. Właściwości biologiczne i fizykochemiczne. *Przem. Spoż.*, 1, 41–43.
- [41] Tyszkiewicz I.: 1994. Mleczany jako substancje konserwujące w przetworach mięsnych. *Gosp. Mięś.*, 46, 18–21.
- [42] Warchalewski J.: 1995. Rola preparatów enzymatycznych w przemyśle mięsnym, spirytusowym i winiarskim. *Wyd. PTTŻ, Oddz. Wielkopolski, Polągra*, 95, 181–187.
- [43] Ziemińska H.: 1981. Podstawy metod utrwalania surowców rzeźnych. *Technologia mięsa pod red. W. Pezackiego, WNT, Warszawa*, 324–361.



# 13.

## NIEKONWENCJONALNE METODY UTRWALANIA MIĘSA DROBIU

*Wiesław Kopeć, Maciej Oziębłowski*

Nowoczesne technologie utrwalania muszą spełniać wymóg „minimalnego” przetworzenia żywności, z tego względu szczególnym zainteresowaniem cieszą się metody fizyczne niezwiązane z występowaniem efektu cieplnego, który obok niszczenia mikroorganizmów powoduje straty składników odżywczych. Wśród tych nowych metod niewiele spełnia wymogi ostatecznej przeszkody („niepokonanego płotka”) uniemożliwiającej rozwój mikroflory, jednak mogą one w połączeniu z technikami konwencjonalnymi zapewnić bezpieczeństwo żywności. Metody te oparte są na działaniu szerokiego spektrum promieniowania elektromagnetycznego lub związane z przepływem prądu elektrycznego oraz działaniem wysokich ciśnień. Ponieważ część metod jest dopiero w fazie testowania bądź nie do końca znany jest mechanizm działania czynnika utrwalającego i związanych z tym skutków ubocznych, produkty doświadczalne podlegają monitorowaniu i oznakowaniu wg przepisów prawa europejskiego jako tzw. Novel Food [9]. Wśród niekonwencjonalnych metod utrwalania można wydzielić zmodyfikowane metody wykorzystujące oddziaływanie termiczne oraz niezwiązane z wykorzystaniem energii cieplnej (tab. 13.1) [6, 21].

Znaczącą grupę stanowią techniki z bardziej równomiernym, niż w klasycznych metodach termicznych, ogrzewaniem produktów w całej ich masie, co umożliwia zastosowanie mniej drastycznych warunków obróbki, tj. skrócenie czasu, a przede wszystkim obniżenie temperatury z zachowaniem tych samych skutków letalnych dla mikroflory.

Tabela 13.1

## Charakterystyka niekonwencjonalnych metod utrwalania

Metody	Zastosowanie w technologii przetwórstwa drobiu i produkcji żywności	Stan zaawansowania badań lub techniki
<b>Termiczne:</b>		
ogrzewanie mikrofalowe	rozmrzanie surowca mięsnego	technologie przemysłowe
ogrzewanie pojemnościowe	suszenie, gotowanie produktów płynnych	początki technologii przemysłowych
ogrzewanie omowe	dania gotowe, płynne produkty	technologia przemysłowa
ogrzewanie indukcyjne	produkty płynne, dania gotowe	wdrażanie technologii przemysłowych
<b>Nietermiczne:</b>		
wysokie ciśnienie UHP	mięso i przetwory mięsne, w tym drobiowe	mała skala przemysłowa
promieniowanie jonizujące	pasteryzacja i sterylizacja mięsa drobiu i przetworów głównie obróbka przypraw	technologia przemysłowa
pulsacyjne pole: elektryczne	produkty płynne, kombinacja z UHP	w trakcie badań
magnetyczne	do utrwalania mięsa produkty płynne	początki badań
światło	wyjaławianie opakowań i powierzchni (drobiu)	w trakcie badań
ultradźwięki z UHP i obróbka termiczną MTS	wyjaławianie powierzchni mięsa drobiu	przed wdrożeniem

### 13.1. Niekonwencjonalne metody obróbki termicznej

**Ogrzewanie pojemnościowe** jest przeprowadzane w urządzeniach zawierających 2 okładki kondensatora, w którym powstają drgania o częstotliwości niższej niż mikrofałe (pomiędzy 15–30 MHz), a dzięki zastosowaniu fali o większej długości można ogrzewać produkty o większej objętości. Jeśli chodzi o produkty mięsne i drobiarskie, metoda stosowana była tylko do rozmrażania.

**Ogrzewanie indukcyjne** produkt jest ogrzewany i utrwalany w wyniku indukowania zmiennego napięcia, wywołanego przez uzwojenie wtórne umieszczone wokół rury z magnezem z przepływającym czy przesuwającym produktem. W metodzie tej uzyskuje się bardzo szybkie ogrzewanie produktu, dlatego spełnia ona wymogi obróbki typu HTST (wysoka temperatura, krótki czas) i może być alternatywą dla konwencjonalnej pasteryzacji i sterylizacji – możliwe jest osiągnięcie temp. nawet 145°C wewnątrz produktu z szybkością powyżej 20°C na sekundę. Chociaż stosowana jest ona do produktów ciekłych lub o konsystencji pastowanej, rozważane są rozwiązania dotyczące produktów stałych. Istotną zaletą metody w stosunku do ogrzewania opornościowego jest brak kontaktu produktu z elektrodami lub innymi elementami indukującymi pole.

**Ogrzewanie omowe** jest metodą minimalizującą nakład energii na ogrzewanie i przez to obniża termiczne straty składników żywności. Zasada metody opiera się na przepływie prądu elektrycznego przez żywność o określonym przewodnictwie. W związku z oporem elektrycznym wykazywanym przez medium powstaje efekt cieplny (tak więc

występuje bezpośrednia konwersja energii elektrycznej w ciepłą wewnątrz produktu). Chociaż metoda jest wykorzystywana głównie do produktów ciekłych (przepływ przez kolumnę z elektrodami), podjęto próby jej wykorzystywania w obróbce pasteryzacyjnej drobiu i dań żywności wygodnej. Wymagane jest odpowiednie przewodnictwo przetwarzanej żywności. Metoda ta jest alternatywą dla sterylizacji w autoklawach [1].

### 13.1.1. Ogrzewanie mikrofalowe

Mikrofałe są wytwarzane w magnetronach przetwarzających energię elektryczną w pole elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości. Po wnikięciu mikrofal do produktu oddziałują one z dipolami wody, rozrywają wiązania wodorowe i generują ciepło w wyniku tarcia molekularnego. Głębokość wnikania mikrofal zależy od właściwości dielektrycznych ośrodka. Media o niższych współczynnikach strat dielektrycznych są bardziej przepuszczalne (np. lód w porównaniu z wodą). Obróbka termiczna z użyciem mikrofal przebiega odmiennie niż przy stosowaniu metod konwencjonalnych. Produkt ogrzewa się szybciej w środku niż na powierzchni, gdzie następuje strata ciepła związana z ciepłem parowania wody. Powstające ciepło rozchodzi się na drodze przewodnictwa, dlatego w produktach o wysokiej zawartości wody ogrzanie jest nierównomierne, a obniżanie temperatury na powierzchni największe (odparowanie dużej ilości  $H_2O$ ).

Produkty żywnościowe w większości zawierające dominującą ilość wody absorbują łatwo mikrofałe i szybko się ogrzewają. Z materiałów opakowaniowych tworzywa sztuczne i szkło mają niski współczynnik strat dielektrycznych i są przepuszczalne dla mikrofal. Natomiast metale całkowicie odbijają mikrofałe [20].

Energia mikrofal (o częstotliwości od 500 do 2 500 MHz) jest wykorzystywana głównie do gotowania (podgrzewania) mrożonych dań w kuchenkach domowych. W przemyśle drobiarskim techniki mikrofalowe są używane szczególnie do ogrzewania zamrożonej żywności (tempering) do temperatur bliskich temperatury zamrażania (kilka stopni poniżej zera, najczęściej od  $-4$  do  $-3^{\circ}C$ ), szczególnie bloków mięsa w celu umożliwienia jego rozdrabniania. Istotną zaletą rozmrażania mikrofalowego jest możliwość uzyskania efektu w ciągu kilku minut procesu, zminimalizowania strat rozmrażalniczych oraz niski nakład energetyczny. Najczęściej stosowane są urządzenia przemysłowe o częstotliwości 915 MHz, zaś w domowych kuchenkach mikrofalowych stosuje się częstotliwość 2 450 MHz. Mikrofałe generowane w instalacjach przemysłowych (915 MHz) mają zdolność penetracji produktu do głębokości ok. 30 cm, podczas gdy mikrofałe 2 450 MHz stosowane w kuchenkach – tylko 10 cm [25]. Ze względu na ograniczoną zdolność penetracji mikrofal w urządzeniach przemysłowych, które są tunelami wyposażonymi w kilka magnetronów, produkt (najczęściej mrożony) jest układany w cienkiej warstwie na taśmie transportującej, przesuwałej się wzdłuż tunelu. Pomimo wysokiego kosztu instalacji do rozmrażania (tempering) proces mikrofalowy ma szereg zalet w stosunku do tradycyjnego rozmrażania. Po pierwsze, czas procesu trwa od kilku do kilkudziesięciu minut zamiast wielu godzin. Opakowanie jednostkowe nie musi być zdejmowane, co doskonale zwiększa stopień higieny operacji. Ponadto powierzchnia bloku mięsa nie jest narażona na rozwój mikroorganizmów ze względu na wielogodzinne przechowywanie w dodatnich temperaturach. Ten typ rozmrażania powoduje niższy wyciek rozmrażalniczy, a zainstalowanie urządzenia mikrofalowego pozwala 10-krotnie zmniejszyć powierzchnię produkcyjną potrzebną do rozmrażania. Wadą jest natomiast powierzchniowe przegrzewanie produktu

w temperaturach bliskich 0°C (przejście lodu w stan ciekły). Dlatego rozmrażanie mikrofalowe łączy się często z owiewem zimnego powietrza. Typowe urządzenia do temperingu mięsa o mocy do 120 kW umożliwiają przerób do 4 ton mięsa na godzinę. Mikrofałe o częstotliwości 915 MHz powodują również mniejsze ogrzanie powierzchni niż fale o  $\tau = 2\ 450$  MHz. Na przykład 40-sekundowa ekspozycja mikrofal 915 MHz powoduje uzyskanie temp. 40°C na powierzchni, 56°C w centrum produktu i redukcję ogólnej liczby bakterii o 2 rzędy. Znacznie mniejszy zakres zastosowań znalazła technika mikrofalowa jako metoda utrwalania. Zasadniczym problemem jest nierównomierność efektu cieplnego w masie ogrzewanego produktu. Tym niemniej istnieje możliwość przeprowadzenia przy użyciu mikrofal obróbki sterylizacyjnej produktów (głównie gotowych dań) w opakowaniach plastikowych lub z folii metalowych będących składnikiem materiału wielowarstwowego. Pasteryzacja powierzchniowa mięsa drobiu może być przeprowadzona przy zastosowaniu impulsów energii mikrofalowej (2 450 MHz) trwających 60 i 120 s, w tych warunkach następuje całkowite zniszczenie bakterii *Salmonella* na powierzchni tuszek kurcząt brojlerów i indyków. Jednak zastosowanie takiej dawki powoduje częściową denaturację białek mięsa. Jeśli stosuje się ekspozycję trwającą 20 s, redukcja wynosi 1 rząd logarytmiczny, co wydłuża okres przechowywania tuszek drobiu. Taka obróbka nie powoduje jednak np. wydłużenia trwałości przechowalniczej filetów piersiowych [13].

Dyskusyjna jest kwestia nietermicznego, utrwalającego działania mikrofal. Część autorów uważa, że mikrofałe wykazują nietermiczny efekt bakteriobójczy, np. wpływ mikrofal na przeżywalność *S. aureus* nie da się tylko wytłumaczyć efektem cieplnym [13].

Nowym rozwiązaniem jest stosowanie tzw. skoncentrowanego pola mikrofalowego z zastosowaniem reaktorów jednomodowych, w których transmitowana energia jest skupiona w postaci fali stojącej. Powoduje to uzyskanie większego efektu letalnego przy krótszej ekspozycji [23].

## 13.2. Radiacyjne utrwalanie żywności

Im krótsza długość fali (wyższa częstotliwość), tym promieniowanie elektromagnetyczne przenosi większą energię (rys. 13.1).

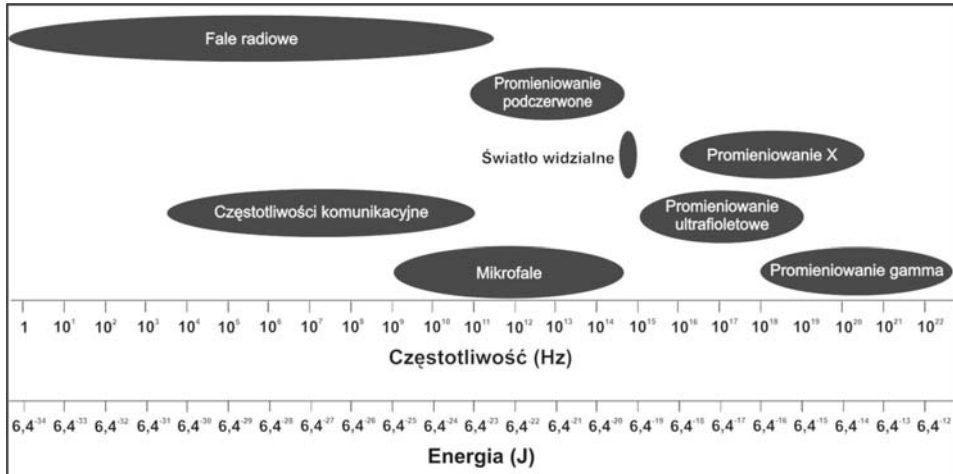
Promieniowanie ultrafioletowe, X lub  $\gamma$  może rozkładać stabilne wiązania kowalencyjne lub nawet wybijać elektrony z atomów. Są to najbardziej energetyczne rodzaje promieniowania elektromagnetycznego. Generalnie promieniowanie jonizujące charakteryzuje się długością fali 200 nm ( $\sim 10^{15}$  Hz) lub mniej. Do utrwalania żywności zastosowanie mają promienie  $\beta$ ,  $\gamma$ , X oraz rzadko cząstki alfa.

Ilość promieniowania wchłonięta przez żywność poddawaną utrwalaniu radiacyjnemu jest określona przez wielkość dawki. Jednostką jest rad – co odpowiada przyjęciu przez produkt energii  $10^{-2}$  J/kg. Często używana jest jednostka gray – Gy (100 radów) i jej pochodne, np. 1 kGy =  $10^5$  rad.

Efekt letalny w stosunku do mikroorganizmów jest zależny od dawki, przy silnym napromieniowaniu rzędu 30–40 kGy uzyskuje się efekt sterylizacji (tzw. radapertyzacja). Przy niższych dawkach osiąga się efekt pasteryzacji (2,5–10 kGy).

Raduryzacja jest to łagodna pasteryzacja przy niskiej dawce promieniowania (poniżej 2,5 kGy), która jest stosowana np. do utrwalania świeżego mięsa drobiu w celu przedłużania jego trwałości w warunkach chłodniczych. Powyższy podział metod

napromieniowania wynika z oporności różnych form mikroorganizmów, komórki roślinne bakterii giną przy dawkach 1–3,5 kGy, drożdże i pleśnie powyżej 5 kGy, a przetwarzające powyżej 10 kGy [4].



Rys. 13.1. Częstotliwości i energia głównych rodzajów promieniowania elektromagnetycznego

W odróżnieniu od termicznych metod utrwalania promieniowanie jonizujące słabo inhibuje toksyny patogenów, co powoduje, że w celu osiągnięcia bezpieczeństwa żywności konieczne jest przeprowadzenie obróbki termicznej.

Promieniowanie jonizujące niszczy mikroorganizmy bez efektu cieplnego – stąd nazwa „zimna sterylizacja” (przyrost temperatury przy minimalnej w radapertyzacji dawce 10 kGy wynosi ok. 2,5°C). W odróżnieniu od rodzajów promieniowania o większej długości promienie  $\gamma$  lub X potrafią wnikać do produktu głębiej, np. przyspieszone elektrony o energii  $1 \cdot 10^6$  (MV) działają na głębokość 4 cm, podczas gdy przyspieszone cząstki alfa lub protony nie mają tej właściwości i są rzadko wykorzystywane do utrwalania żywności. Źródłem promieniowania są izotopy pierwiastków lub urządzenia wytwarzające promieniowanie, np. akcelerator elektronów wytwarzający ich wiązkę o wysokiej energii lub promieniowanie X. Jako źródło promieniowania  $\gamma$  stosuje się izotop kobaltu ( $^{60}$ ) o okresie połowicznego rozpadu  $\tau$  - 5,2 roku lub cezu ( $^{137}$ ) o  $\tau = 30$  lat. Intensywność działania źródła izotopowego podawana jest w jednostkach curie (1 curie =  $37 \cdot 10^{12}$  rozkładów na sekundę). Szczególnie korzystne jest zastosowanie promieniowania  $\gamma$ , które wnika w głębokie warstwy produktu, ale przeprowadzenie napromieniowania przy użyciu izotopów jest trudne technicznie, gdyż źródło promieni działa w sposób ciągły, co utrudnia regulację dawki. Dlatego aktualnie dominują urządzenia wykorzystujące akceleratory szybkich elektronów, których strumień nie wnika głęboko w produkt, ale procesem tym łatwo jest sterować [4].

Zespół ekspertów FAO/WHO uważa, że żywność napromieniowana dawką poniżej 10 kGy jest toksykologicznie bezpieczna. Rodzaj produktów radiolizy głównych składników żywności jest zbliżony w różnych typach produktów spożywczych i nie są one

toksyczne dla ludzi. Nie wykazano również negatywnego wpływu diety opartej o żywność napromieniowaną na zdrowotność zwierząt laboratoryjnych, jak również hodowlanych żywionych paszą napromieniowaną. Na tej podstawie w 44 krajach, w tym w Polsce, dopuszczono napromieniowanie żywności [21]. Promieniowanie jonizujące jest podstawową techniką utrwalania suchych przypraw. Produkt utrwalony techniką napromieniowania musi być oznaczony specjalnym znakiem (rys. 13.2).



Rys. 13.2. Międzynarodowy znak żywności poddanej napromieniowaniu

W odniesieniu do mięsa i produktów drobiarskich w szeregu krajów dopuszcza się stosowanie napromieniowania (np. w USA od 1999 r.), a głównym celem tej techniki jest wyeliminowanie patogenów z rodzaju *Salmonella* i *Campylobacter*. W badaniach (napromieniowanie dawką od 1,5 do 5,0 kGy) wykazano wysoką trwałość tuszek i mięsa drobiu po napromieniowaniu dawką powyżej 3,0 kGy, prowadzącą do wydłużenia okresu przechowywania tuszek schłodzonych nawet do 12–20 dni [4]. Mulder [22] stwierdził jednak, że napromieniowanie drobiu dawką 2,5 kGy nie gwarantuje bezpieczeństwa w zakresie rozwoju bakterii z rodzaju *Salmonella*, chociaż redukuje znaczne prawdopodobieństwo wzrostu tych patogenów. W badaniach krajowych wykazano zadowalającą redukcję populacji *Salmonelli* w tuszkach drobiu po działaniu dawki 3,4 ÷ 3,7 kGy [26 cyt. za 17]. Dla drobiu mrożonego dawka promieniowania użytego w celu redukcji ilości bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* (*Salmonella*, *E. coli*) musi być około 2-krotnie wyższa niż dla utrwalenia drobiu schłodzonego.

Radapertyzacja może prowadzić (szczególnie przy stosowaniu dawek powyżej 20 kGy) do tworzenia „off flavor” ze względu na przyspieszenie oksydacji lipidów w wyniku radiolizy wody i tworzenia reaktywnych rodników, szczególnie hydroksylowego. Dlatego korzystnie jest poddawać napromieniowaniu żywność w opakowaniu próżniowym i w niskiej temperaturze. Konserwy sterylizowane „na zimno” powinny być poddane dodatkowej pasteryzacji cieplnej w temperaturach powyżej 70°C w celu inaktywacji enzymów proteolitycznych i lipolitycznych, czego nie zapewnia napromieniowanie [10]. Mięso drobiowe kulinarne, w tym mielone, standardowo utrwała się dawką 3 kGy przy użyciu szybkich elektronów. Jednak już przy użyciu łagodnego napromieniowania, a szczególnie przy dawkach powyżej 10 kGy, występuje obok radiolizy wody radiolityczny rozkład aminokwasów siarkowych, z których powstaje wolny CO oraz pochodne siarki, takie jak H<sub>2</sub>S i merkaptany, które nadają obcy smak i zapach określony czasem jako zapach mokrego ziarna. Z drugiej strony, powstający CO w reakcji z mioglobina utrwała barwę. „Off flavor” występuje także w mięsie gotowanym, a następnie napromieniowanym w opakowaniach próżniowych [19]. Pełne bezpieczeństwo botulinowe w przetworach z mięsa drobiu z dodatkiem konserwantów chemicznych NaCl (0,75%) i trójpolifosforanu (0,3%) uzyskano



przy dawce 43 kGy w 30°C po uprzedniej inaktywacji enzymów w 74°C. W kiełbasach z indyka Barbut i in. [3] wykazali pożądaną redukcję (12D) *Cl. botulinum* przy 5 kGy w +1°C i -30°C, co pozwoliło uzyskać trwałość przechowalniczą przez 40 dni w 25°C, ale tylko wtedy, gdy poziom NaCl w przetworach wynosił 2,5% lub więcej. W wędlinach o obniżonej zawartości soli (1,5% NaCl) nawet dawka 10 kGy nie hamowała produkcji toksyn.

Napromieniowanie żywności jest technologią o niskim zużyciu energii (setki razy niższym niż chłodzenie i mrożenie), ale koszt inwestycji jest wysoki, dlatego też urządzenia napromieniujące pracują przez całą dobę i są wykorzystywane do wyjaławiania również sprzętu i materiałów niespożywczych (medycznych itd.). Problemem w szerokim rozpowszechnieniu metody jest niechęć konsumentów do spożywania żywności utrwalanej przez napromieniowanie, chociaż względy bezpieczeństwa, np. nasilające się przypadki zatrucia toksyną *E. coli* OH 157, zmieniają tę sytuację [12].

### 13.3. Paskalizacja (działanie wysokiego ciśnienia UHP)

Paskalizacja jest metodą minimalnego przetwarzania żywności, która nie prowadzi do zmian wiązań kowalencyjnych, przez co nie następuje obniżenie zawartości substancji biologicznie aktywnych (witaminy itp.) oraz m.in. nośników smaku i zapachu. Zachowanie składników żywności wynika z możliwości przeprowadzenia procesu w warunkach temperatury pokojowej. Działanie wysokiego ciśnienia nie jest zależne od czasu procesu i masy produktu, w związku z czym efekt utrwalający jest uzyskiwany po osiągnięciu założonej wartości ciśnienia. Proces jest izostatyczny, dlatego nie występują odkształcenia opakowań, jeśli produkt w tej formie poddawany jest procesowi [6].

Na struktury komórek oddziałują już ciśnienia rzędu 50 MPa, przy 100 MPa zachodzą zmiany w biomembranach i mitochondriach prowadzące do niszczenia form vegetatywnych bakterii, przy 150 MPa degradacji ulega retikulum sarkoplazmatyczne, a przy 200 MPa zmiany zachodzą w membranie jądrowej. Podstawowym czynnikiem utrwalającym przy stosowaniu wysokich ciśnień jest modyfikacja ściany komórkowej mikroorganizmów i utrata jej półprzepuszczalności. Pod wpływem wysokiego ciśnienia następuje zmiana wymiarów komórek (wydłużenie) oraz denaturacja białek. Wynikiem obróbki UHP jest także inaktywacja enzymów, wykorzystuje się również tę technikę do inaktywacji toksyn, np. botulinowej (przy  $p > 600$  MPa) [27].

Mikroorganizmy charakteryzuje zróżnicowana oporność na ciśnienie:

- a) najbardziej wrażliwe są bakterie Gram-ujemne, inaktywowane przy ciśnieniu powyżej 300 MPa;
- b) grzyby inaktywowane są przy ciśnieniach powyżej 400 MPa;
- c) bakterie Gram-dodatnie, często przetrwalnikujące, są inaktywowane powyżej 600 MPa.

Szczególnie termooporne są spory, ich inaktywacja zachodzi praktycznie tylko w fazie kiełkowania, a wymagane ciśnienia wynoszą 900 MPa. W celu ich inaktywacji konieczne jest często podniesienie temperatury procesu utrwalania [29]. Spośród znanych patogenów *Staphylococcus aureus* jest inaktywowany przy ciśnieniu rzędu 400 MPa. Ilość bakterii *Salmonella senftenberg* jest zredukowana o 2–3 rzędy logarytmiczne po obróbce

mięsa kurcząt przy ciśnieniu 275 MPa, pasteryzacja foie gras kaczych zachodzi po działaniu 400 MPa przez 10 minut.

Ujemną stroną technologii UHP jest konieczność stosowania bardzo wysokich ciśnień w celu dezaktywowania enzymów i przetrwalników. Generalnie proces w warunkach przemysłowych jest prowadzony przy ciśnieniach rzędu 400–1 000 MPa, najczęściej jednak ciśnienie nie przekracza 800 MPa, a granicę w niektórych procesach stanowi 100 MPa. Utrwalanie metodą UHP jest prowadzone w temperaturach od ujemnych do ponad 100°C, przez czas od kilku sekund do ponad 20 minut. Temperatura produktu rośnie o ok. 3°C na 100 MPa. Współdziałanie ultrawysokiego ciśnienia i temperatury rzędu 45–50°C daje efekt pasteryzacyjny w odniesieniu do patogenów lub nawet sterylizacyjny, np. obróbka ciśnieniowa przy 500–700 MPa i 90–110°C inaktywuje spory *Clostridium botulinum*. Proces UHP jest prowadzony w sposób okresowy lub półciągły [6]. Stosowana jest najczęściej metoda pośredniego ściskania cieczą o wysokim ciśnieniu. Czynnikiem, w którym osiągnęte jest wysokie ciśnienie, jest woda, wykorzystywana ze względu na jej niską ściśliwość. Proces jest prowadzony w komorach cylindrycznych napełnionych produktem i wodą sprężaną tłokowo (np. przy 800 MPa występuje 17% redukcja objętości czynnika). Ciśnienie może być też podnoszone w wyniku działania pompy wysokociśnieniowej włączającej dodatkową ilość wody do cylindra, w którym jest produkt. Istniejące instalacje mają komory o objętości od 10 dm<sup>3</sup> do 320 dm<sup>3</sup>, najczęściej stosuje się układ kilku mniejszych komór. Nakład energetyczny procesu przy takim samym efekcie letalnym jest równoważny 12% kosztów energii poniesionych w trakcie obróbki termicznej. Koszt procesu wynosi od 0,4 do 2 zł/kg przetwarzanej żywności, np. koszt obróbki ciśnieniowej szynki gotowanej wynosi ok. 0,1 €/kg [15].

Ciśnieniowanie korzystnie wpływa na trwałość mięsa oraz może poprawić jego kruchość, natomiast przyspiesza oksydację i powoduje zmiany barwy niepeklowanego mięsa czerwonego. Zmiany te są związane z uwalnianiem jonów metali (żelaza) z połączeń kompleksowych przy ciśnieniu powyżej 400 MPa. Również w tych warunkach żelazo mioglobiny Mb utlenia się, a barwnik denaturuje. Procesy przemian białek takie jak denaturacja, rozpuszczanie, precypitacja zachodzą przy ciśnieniu hydrostatycznym rzędu 100–300 MPa. Denaturacja najczęściej ma miejsce przy ciśnieniu powyżej 300 MPa i jest spowodowana zniszczeniem wiązań hydrofobowych, jonowych oraz rozwinięciem cząsteczek białka. Występuje także tendencja dysocjacji oligomerów do podjednostek, co ułatwia proteolizę. Jeśli chodzi o denaturację białek mięśniowych (miofibrylarnych i sarkoplazmatycznych), to zachodzi ona przy ciśnieniach powyżej 300–400 MPa. Miofibryle izolowane z tkanki mięśniowej (surimi rybne) poddane działaniu ciśnienia 150 MPa tracą poprzeczne prążkowanie w wyniku przesunięć miofilamentów, ale tworzą bardziej elastyczne żele niż białka mięśni poddanych obróbce termicznej [16]. Zmiany w strukturze komórek mięśniowych pozwalają na przyspieszenie procesów skruszenia mięsa. Poniżej 200 MPa lizosomy pękają, a katepsyny są inaktywowane przy ciśnieniach od 200 do 500 MPa (katepsyna D). Kalpastatyna inaktywuje się przy 200 MPa, a kalpainy dopiero przy 400 MPa. Biorąc pod uwagę większy stopień uwolnienia enzymów do cytozolu oraz względną oporność kalpain i niektórych katepsyn na ciśnieniowanie, można mówić nie tylko o mechanicznym, ale również częściowo enzymatycznym efekcie kruszenia mięsa poddanego działaniu UHP. Inne enzymy są odporniejsze na działanie wysokich ciśnień hydrostatycznych i dla inaktywacji wymagają 600–800 MPa oraz często dodatkowego ogrzewania (np. peroksydaza

w 60°C). Enzymy lipolityczne mięśni są mniej odporne (ulegają inaktywacji przy  $p > 400$  MPa) [28].

Mięso drobiowe poddano działaniu ciśnienia 400 MPa, co umożliwiło zachowanie trwałości i wydłużenie okresu jego przechowywania w warunkach chłodniczych do ok. 1 miesiąca lub aż do 3 miesięcy po zastosowaniu obróbki przy 900 MPa [7].

Klasyczna pasteryzacja ciśnieniowa w przypadku mięsa drobiu jest prowadzona przy 600 MPa. W tych warunkach część psychrofilii i bakterii gnilnych typowych dla mięsa drobiu jest odporna na obróbkę ciśnieniową. Colmenero [8] wykazał, że obróbka ciśnieniowa kiełbas nisko- i wysokotłuszczowych powodowała wzrost jasności wędlin (ze względu na omawiany wcześniej efekt rozkładu barwników hemowych) oraz obniżenie stabilności emulsji i pogorszenie tekstury ze względu na denaturację białek. Obróbka surowych kiełbas typu metka w 500 MPa przez 5 min powoduje redukcję ilości bakterii o 5 rzędów logarytmicznych. Bardzo duże oszczędności energii uzyskuje się przy zastosowaniu techniki UHP w sterylizacji konserw, gdyż można obniżyć temperaturę sterylizacji z ok. 120 do 100°C bądź 4,5-krotnie skrócić czas obróbki w temperaturach 105–110°C. Ciśnieniowanie jest stosowane również do rozmrażania mięsa, ponieważ temperatura zamrażania wody, np. przy 208 MPa, wynosi ok. -22°C. W wyniku prowadzenia procesu przy 200 MPa w 5°C następuje dwukrotne skrócenie czasu rozmrażania [15].

### 13.4. Metody skojarzone wykorzystujące działanie ultradźwięków (manotermosonikacja MTS)

Drgania o częstotliwości 18 kHz – 500 MHz wywołują w zawiesinach (roztworach) zawierających mikroorganizmy kawitację, w wyniku której w cieczy powstają mikro-pęcherzyki. Ich wybuchowy rozkład przy ultrawysokim ciśnieniu i temperaturze niszczy struktury komórkowe. Ultradźwięki są stosowane w metodyce biochemicznej do niszczenia komórek lub w celu wydzielenia składników cytoplazmy. Efekt letalny działania na mikroorganizmy jest jednak słaby lub nie występuje (na spory), dlatego też (również ze względu na konieczność stosowania bardzo wysokiego natężenia pola ultradźwięków) metoda ta nie jest stosowana jako jedyny sposób utrwalania żywności [5]. Duże nadzieje wiąże się natomiast z techniką manotermosonikacji (Mano – Thermo – Sonication MTS), w której działa się ultradźwiękami pod ciśnieniem i prowadzi normalne procesy termiczne utrwalania. W tym wypadku technika MTS powoduje 10–100-krotną redukcję wartości D dla niektórych mikroorganizmów i enzymów. W procesie stosuje się ciśnienie rzędu 300 kPa, umożliwiające podniesienie temperatury medium, w którym prowadzona jest obróbka. Jest to istotne, ponieważ efekt bakteriobójczy ultradźwięków w cieczach przy temperaturach zbliżonych do punktu wrzenia jest znikomy ze względu na zanik zjawiska kawitacji. Działanie ultradźwięków jest w tym przypadku synergistyczne w stosunku do efektu termicznego i umożliwia 10-krotne skrócenie czasu śmierci cieplnej, podczas gdy działanie samych ultradźwięków jest znikome. Najbardziej czułe na obróbkę techniką MTS są drożdże, najbardziej odporne – bakterie przetrwalnikujące (*Bacillus cereus*) [24].

### 13.5. Pulsacyjne pola elektryczne (PEF) i magnetyczne (OMF)

W metodzie tej wykorzystuje się wysokonapięciowe impulsy (nano- i mikrosekundowe) przy wysokim natężeniu pola elektrycznego (od ok. 1 do 55 kV/cm) generowanym na elektrodach do zniszczenia form wegetatywnych mikroorganizmów. Strata energii i efekt cieplny działania pola są minimalne, co pozwala na zachowanie cech sensorycznych żywności. Stosuje się od kilku do 60 impulsów, a przyrost temperatury wynosi co najwyżej 0,3°C/impuls – w tych warunkach można uzyskać redukcję bakterii gnilnych nawet o 4 rzędy logarytmiczne. Natomiast nawet wysokie natężenie pola elektrycznego (powyżej 10kV/cm) i duża liczba impulsów nie inaktywuje przetrwalników. Bakterie Gram-ujemne są czulsze na działanie PEF niż Gram-dodatnie. Mechanizm działania PEF polega na zniszczeniu ścian komórkowych bądź utracie ich selektywności w wyniku tzw. elektroporacji w związku z różnicą potencjału pomiędzy wnętrzem i na zewnątrz komórki. Technika ta ma jednak ograniczenia i jest szczególnie przydatna w przypadku utrwalania produktów płynnych; w odniesieniu do produktów stałych wymagana jest możliwość przewodzenia prądu poprzez całą objętość do elektrod [23].

W wyniku działania PEF o stosunkowo niskim natężeniu (poniżej 2 kV/cm) na mięso drobiu następują nieznaczne zmiany w strukturze tkanki (tylko w perimysium). Skarżenie tej obróbki z działaniem wysokiego ciśnienia 200 MPa prowadzi do daleko idących zmian w strukturze tkanki – większych niż przy zastosowaniu każdej z metod osobno. Uważa się, że przy 10kV/cm efekt może wystąpić przy zastosowaniu do utrwalania mięsa drobiu tylko PEF [14].

W przypadku produktów o niskim przewodnictwie korzystniejsze jest stosowanie zamiast PEF impulsowego oscylującego pola magnetycznego o natężeniu od 2 do 50 Tesli (częstotliwość oscylacji od 5 do 500 MHz). Metoda jest wysoce efektywna dla inaktywacji niektórych grup mikroorganizmów, gdyż pojedynczy impuls (od 25 nanosekund do 10 milisekund) może obniżyć zakażenie nawet o 99%, a zastosowanie 100 impulsów powoduje wzrost temperatury produktu tylko o 5°C. Oscylujące pole magnetyczne (OMF) lub silne statyczne pole (SMF) powodują inaktywację form wegetatywnych mikroorganizmów. Zasada działania polega prawdopodobnie na przemieszczaniu energii przez cząsteczki paramagnetyczne do DNA i jego modyfikacji chemicznej (niszczenie wiązań). Maksymalne stosowane częstotliwości to 500 MHz, przy wyższych wartościach występuje efekt cieplny. Metoda jest wykorzystywana wyłącznie do utrwalania żywności w opakowaniach (w workach z tworzyw sztucznych). Zazwyczaj stosuje się od 1 do 100 impulsów w temp. od 0 do 50°C, a łączny czas ekspozycji wynosi 25 do 100 ms [11].

### 13.6. Metody oparte o absorpcję promieniowania UV i światła widzialnego

Promieniowanie ultrafioletowe jest obecnie rzadko stosowane do utrwalania żywności. Promieniowanie UV o natężeniu 400 J/m<sup>2</sup> powoduje uszkodzenie DNA mikroorganizmów w wyniku absorpcji światła ultrafioletowego, wywołuje jednak także oksydację tłuszczów i białek, dlatego obecnie jest używane do dezynfekcji wody, sprzętu, pomiesz-

czeń oraz materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Również głównie do dezynfekcji opakowań służy nowa metoda utrwalania z wykorzystaniem impulsów światła [6]. Jako czynnik bakteriobójczy stosowane są krótkie impulsy (0,1  $\mu$ s do 100 ms) wysokoenergetycznego światła białego o szerokim spektrum 170–2 600 nm i intensywności 0,01–50 J/cm<sup>2</sup>. Technologia ta służy do sterylizacji materiałów opakowaniowych lub redukcji zakażenia na powierzchni żywności, a jej efektem jest wysoki poziom inaktywacji mikroorganizmów. Prowadzono badania nad wpływem impulsów na powierzchniowe zakażenie drobiu *Salmonella*, uzyskując redukcję ich ilości o 2 rzędy logarytmiczne. Istotnym plusem metody jest to, że można prowadzić proces po zapakowaniu żywności w opakowania przepuszczalne dla światła. Jest ona jedną z najskuteczniejszych nowych metod redukcji powierzchniowego zakażenia żywności, ale nie może być stosowana, jeśli potrzeba zachować barwę produktu. Nie jest znany wpływ impulsów światła na przetrwalniki [5].

Kolejna metoda utrwalania związana z absorpcją światła to fotodynamiczna inaktywacja drobnoustrojów, polegająca na wytwarzaniu wysoce aktywnego rodnika o działaniu bakteriobójczym – singletu tlenowego w wyniku energii dostarczonej przez cząsteczki wzbudzonego pod wpływem światła związku fotosyntetycznego (najczęściej stosowany jest barwnik róż bengalski absorbujący światło o długości fali 540 nm). Barwnik jest najczęściej wprowadzony do opakowania i na jego powierzchni tworzone są aktywne formy tlenu [18].

### 13.7. Energia fal radiowych

Do utrwalania żywności stosowane są fale o częstotliwości od 1 do 500 MHz. Metoda ta może być stosowana do obróbki cieplnej, ale specyficzny efekt utrwalający fal radiowych na membrany biologiczne występuje przy niskiej częstotliwości i uważa się, że jest on związany z denaturacją białek, jak również zmianami w organellach komórek. Energia fal radiowych może być również wykorzystana do rozmrażania żywności [5].

### 13.8. Technologia zimnej plazmy

Zupełną nowością jest stosowanie niskotemperaturowej, zjonizowanej plazmy gazowej uzyskiwanej w wyniku wzbudzenia gazów (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO) w warunkach obniżonego ciśnienia (podobnie jak w świetłówkach neonowych). Metoda może znaleźć zastosowanie do wyjaławiania przypraw [1, 11], jak również powierzchni, które mają styczność z żywnością podczas procesu jej wytwarzania. Plazmę zimną, będącą ośrodkiem skutecznej sterylizacji różnych materiałów, można uzyskiwać w wyładowaniach koronowych zarówno prądu stałego, jak i zmiennego. Zastosowanie specjalnych środków, takich jak bariery dielektryczne i rezystywne czy też układów z tzw. wymuszoną konstrukcją oraz zastosowanie prądów o podwyższonej częstotliwości (w tym mikrofal), pozwala kontrolować stan plazmy zimnej w stosunkowo dużej objętości (ponad 1 liter) przy ciśnieniu atmosferycznym, bez obawy pojawiania się przebiegów przewodzących do powstawania łuku elektrycznego [2].

Na świecie, w tym m.in. w Stanach Zjednoczonych i Chinach, prowadzone są badania nad wykorzystaniem tej technologii np. w przetwórstwie mięsa drobiowego, czerwonego, jak również „owoców morza”. Głównymi atutami zimnej plazmy mają być względy

wysokiego bezpieczeństwa produktu finalnego, jego dobra jakość i zachowanie właściwych walorów sensorycznych, wydłużenie trwałości, obniżenie kosztów produkcji także transportu (ze względu na możliwość wykorzystania transportu innego niż samolotowy). Z uwagi na możliwość różnych sposobów uzyskiwania i wykorzystania zimnej plazmy, ukierunkowanych na konkretny produkt, metoda ta jest przedmiotem zainteresowania niektórych światowych ośrodków badawczych.

### 13.9. Streszczenie

W rozdziale przedstawiono krótką charakterystykę niekonwencjonalnych metod utrwalania, ze szczególnym naciskiem na technologie wykorzystywane na skalę produkcyjną w przetwórstwie mięsa drobiowego.

Do nowych technik utrwalania można zaliczyć zmodyfikowane metody obróbki termicznej, takie jak: rozpowszechnione w procesach rozmrażania mięsa drobiu ogrzewanie mikrofalowe oraz ogrzewanie związane z przepływem prądu elektrycznego, tj. indukcyjne, pojemnościowe i omowe. Procesy radiacyjnego utrwalania mięsa drobiu okazały się interesujące szczególnie jako metody skojarzone z pakowaniem próżniowym, pozwalające na obniżenie powierzchniowego zakażenia tuszek drobiu. Zastosowanie przemysłowe znalazły też metody obróbki mięsa i przetworów drobiarskich przy użyciu wysokich ciśnień (paskalizacja) rzędu 400–900 MPa. W rozdziale omówiono niektóre spośród najnowszych technik utrwalania, takich jak: pulsujące pole elektryczne (PEF) czy działanie ultradźwięków w formie skojarzonej metody oddziaływania ciśnieniowego w połączeniu z termicznym (manotermosonikacja) oraz połączenie PEF z działaniem wysokich ciśnień. Użycie tych technik umożliwia redukcję mikroflory nieprzetwarzalną, ale również poprawia niektóre z wyróżników jakości kulinarnego mięsa drobiu, np. kruchość. Podstawy nowoczesnych technik utrwalania wykorzystujących impulsy światła białego, fale radiowe, technologię zimnej plazmy czy promieniowanie ultrafioletowe, stosowanych szczególnie do utrwalania opakowań oraz przypraw, także zostały poruszone w treści rozdziału.

### Piśmiennictwo

- [1] Anonim: 2001. Utrwalanie żywności. Nowe metody fizyczne. Mięso i Wędliny, 1, 20–24
- [2] Anonim: 2004: Binary ionization technology solutions for the reduction of biological organisms. Proceed. Titan Corporation, San Diego, USA, 1–13.
- [3] Barbut S., Meske L., Thayer D.W., Lee K., Maurer A.J.: 1988. Low dose gamma irradiation effects on *Clostridium botulinum* inoculated turkey frankfurters containing various sodium chloride levels. Food Microb., 5, 1.
- [4] Barbut S.: 2002. Poultry products processing. CRC Press. Boca Raton.
- [5] Bogh-Sorensen L.: 1994. Description of hurdles. European Commission Final Report Flair Action No 7. Eds. Leistner L, Gorris L.G., 7–15.
- [6] Butz P., Tauscher B.: 2002. Emerging technologies: chemical aspects. Food Res. Internat., 35, 279–284.
- [7] Cheftel J.C., Culioli J.: 1996. Effects of high pressure on meat: a review. Plenary lecture. Proceed. XLII ICoMST. Lillehammer, Norway.
- [8] Colmenero F.J.: 1996. Technologies for developing low – fat meat products. Trends Food Sci. Technol., 7, 41–48.

- [9] Council and of the European Parliament Regulation (EC) No 258/97 of 27 January 1997 concerning novel foods and novel food ingredients. *Offic. J.*, L043, 14/02/1997, 0001–0006.
- [10] Du M., Ahn D.V., Nam K.C., Sell J.L.: 2000. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiation raw chicken meat. *Meat Sci.*, 56, 387–395.
- [11] Duda Z.: 2002. Niekonwencjonalne metody utrwalania żywności. *Ogólnopol. Inf. Masar. Dodatek*, 63–68.
- [12] Fiszer W.: 1996. Kontrowersje wokół napromieniania żywności. *Aura*, 3, 22–24.
- [13] Goksoy E.O., James C., J.E.L.: 2000. The effect of short-time microwave exposures on inoculated pathogens on chicken and the shelf-life of uninoculated chicken meat. *J. Food Eng.*, 45, 153–160.
- [14] Gudmundsson M., Hafsteinnsson H.: 2001. Effect of electric field pulses on microstructure of muscle foods and roes. *Trends Food Sci. Technol.*, 12, 122–128.
- [15] Heintz V.: 2003. Hochdruckbehandlung von Lebensmitteln. *Fleischwirt.*, 83, 106–110.
- [16] Hugas M., Garriga M., Montfort J.M.: 2002. New mild technologies in meat processing: high pressure as a model technology. *Meat Sci.*, 62, 359–371.
- [17] Kijowski J.: 1993. Metody utrwalania mięsa drobiowego, [w:] *Praca zbiorowa. Technologia mięsa drobiowego*. Red. Grabowski T., WNT, Warszawa, 81–117.
- [18] Kerr P.G., Earnshaw R.G., Banks J.G.: 1994. Photodynamic inactivation of microorganisms, [in:] *Food preservation by combined processes*. European Commission, final report FLAIR concerted action No.7, subgroup B, 43–49.
- [19] Lee E.J., Love J., Ahn D.V.: 2003. Effect of antioxidants on consumer acceptance of irradiated turkey meat. *J. Food Sci.*, 68, 1659–1663.
- [20] Lenart A., Łakomic D.: 1992. Najnowsze kierunki zastosowania mikrofal w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.*, 283–286.
- [21] Lewicki P.P.: 1998. Tendencje w rozwoju technologii żywności. *Przem. Spoż.*, 52, 9, 31–35.
- [22] Mulder R.W.A.W.: 1982. Salmonella radiation of poultry. *Proceed. Beekbergen Research Inst., The Netherlands*.
- [23] Oziembłowski M., Trziszka T.: 2003. Pulsed electric fields (PEF) in food technology, *Proceed. Workshop „Environmental Friendly Materials and Technologies in Electronics”*, Jamrozowa Polana, 10–11 September 2003, [in:] *Sci. Pap. Inst. Electric. Engineer. Fund. Wrocław Univ. Technol.*, 39, 104–110.
- [24] Raso J., Condon S., Sala Trepat F.J.: 1994. Mano - thermo - sonication: a new method of food preservation? *European Commission Final Report Flair Action No 7*, Eds. Leistner L, Gorris L.G. 37–41.
- [25] Surówka K.: 1994. Mikrofałe i ich zastosowanie w technologii żywności. *Żywność, Technologia, Jakość*, 1, 13–21.
- [26] Szulc M., Szczawiński J., Szczawińska M., Stańczak B., Pęcunek J.: 1988. Radiacyjne utrwalanie i podnoszenie jakości sanitarnej żywności. *Maszynopis Kat. Hig. Mięsa SGGW AR Warszawa*.
- [27] Thakur B.R., Nelson, P.E.: 1998. High - pressure processing and preservation of food. *Food Rev. Int.* 14, 427–447.
- [28] Tyszkiewicz I.: 1997. Ciśnieniowanie jako metoda minimalnego przetwórstwa żywności tkankowej pochodzenia zwierzęcego. *Mat. Konf. Nauk. Żywność Minimalnie Przetworzona*. Kraków, 66–72.
- [29] Wandel A., Gensler L., Poprowski S., Jurczak J., Barciszewski J.: 1998. Zastosowanie wysokiego ciśnienia w technologii żywności i medycynie. *Biotechnologia*, 40, 199–211.





# 14.

## PODSTAWY PRZETWARZANIA MIĘSA DROBIOWEGO

*Wiesław Kopeć, Jarosław Buśko*

### 14.1. Operacje i procesy jednostkowe w przetwórstwie mięsa drobiu

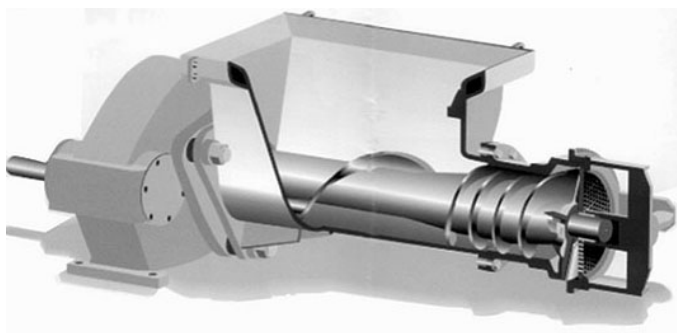
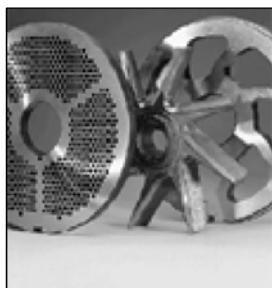
#### 14.1.1. Rozdrabnianie

Rozdrabnianie surowców mięsnych i tłuszczowych jest przeprowadzane głównie przy użyciu tzw. wilków. W urządzeniach przemysłowych przenośnik ślimakowy podaje mięso do zespołu tnącego składającego się z noży i siatek o różnej średnicy otworów. Wilki służą do rozdrobnienia mięsa przeznaczonego do produkcji przetworów lub wytwarzania mięsa mielonego. Rozdrabnianie w wilku odbywa się poprzez cięcie i mielenie mięsa. Urządzenia przemysłowe są zestawione z dwóch zespołów tnących, tzn. dwóch noży i 2–3 siatek umieszczonych w gardzieli wilka, co umożliwia przy jednorazowej operacji uzyskanie docelowego stopnia rozdrobnienia w jednym pasażu [14]. W skład zestawów tnących wchodzi: nóż nerkowy, tzw. szarpak o otworach m.in. w kształcie nerek i średnicy 20–50 mm, siatki o średnicy oczek od 20 mm do bardzo drobnych 2–3 mm lub nawet 0,6 mm w nowoczesnych urządzeniach o działaniu ciągłym. Na rysunku 14.1 przedstawiono podstawowe elementy wilków przemysłowych.

Po dostarczeniu mięsa do zespołu tnącego (dzięki ruchowi obrotowemu przenośnika ślimakowego) zostaje ono poddane cięciu pomiędzy nożem a ostrą krawędzią siatki. W wyniku transportu powstaje nadciśnienie wewnętrzne umożliwiające proces cięcia i przesuwania surowca rozdrobnionego przez siatkę. W celu wzrostu ciśnienia w surowcu stosuje się zmniejszenie ostatniego skoku ślimaka w zestawie tnącym. Najlepiej przenosi siłę mięso twarde, a systemy rozdrabniające o długim ślimaku i gardzieli cechują się lepszą stabilizacją pracy (mniejsza amplituda zmian ciśnienia w zespole tnącym) i lepszą wydajnością.

W wilkach tradycyjnych znaczna część energii do 30% jest zamieniana na ciepło, co jest niekorzystne i powoduje pogorszenie właściwości surowca, ponadto niska jest tzw. sprawność transportowa wynikająca z nierównomierności podawania surowca oraz powstawania przestrzeni o obniżonym ciśnieniu pomiędzy częścią ramion noży. Innym

problemem są trudności w rozdrabnianiu materiałów twardych (skórki) lub mięsa mrożonego. Nowoczesne wilki są przystosowane zarówno do rozdrabniania mięsa zamrożonego, jak również wychłodzonego. Osiąga się to przez zastosowanie różnych ślimaków (wymiennych) oraz wymianę gardzieli i elementów tnących. Ślimak przeznaczony do obróbki materiału mrożonego w odróżnieniu od transportera mięsa świeżego charakteryzuje się równym skokiem uzwojenia na całej długości. Proces rozdrabniania mięsa mrożonego, szczególnie w blokach, jest realizowany dwufazowo przy zastosowaniu dwóch ślimaków. Pierwszy o większym skoku uzwojenia powoduje łamanie i odcinanie mniejszych fragmentów materiału zamrożonego o temp. rzędu od  $-20$  do  $-25^{\circ}\text{C}$ . Uzyskane mniejsze fragmenty o temp. ok.  $-10^{\circ}\text{C}$  są przekazywane do ślimaka transportującego mięso do urządzeń tnących. Stosuje się ustawienie dwóch ślimaków: równoległe lub tzw. kątowe (tj. pod kątem prostym). W wyniku przejścia przez zespół tnący rozdrobniony materiał osiąga temp. rzędu od  $-2$  do  $-4^{\circ}\text{C}$ , co jest bardzo korzystne w przypadku wytwarzania mięsa mielonego dzielonego na porcje lub produkcji przetworów formowanych (nuggetsy itp.). Nowe rozwiązania konstrukcji ślimaków i urządzeń tnących pozwalają na zmniejszenie oporów i tarcia w czasie procesu, co prowadzi do minimalnego przyrostu temperatury w czasie obróbki surowca świeżego, wynoszącego maksymalnie  $1^{\circ}\text{C}$ . W istniejących rozwiązaniach stosuje się 2 prędkości wałów ślimaka, np. 120 i 240 obr./min w ślimakach roboczych oraz 10 i 20 obr./min w ślimakach doprowadzających (łamiących) w przypadku obróbki mięsa mrożonego [28].



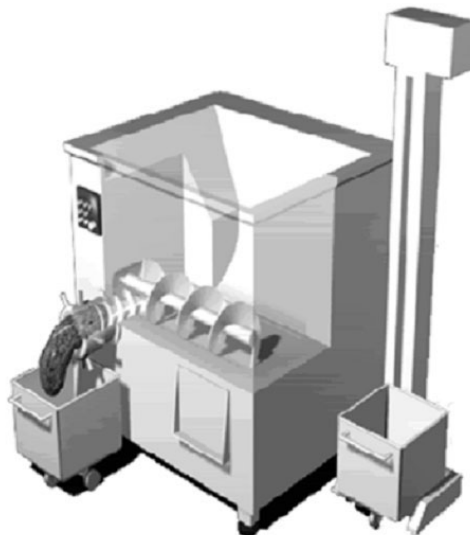
Rys. 14.1. Wilk uniwersalny [5]

Niektóre nowoczesne wilki posiadają system ciągłego usuwania tkanki łącznej i odłamków kości (które mogą blokować pracę urządzenia) w formie otworu w części centralnej siatki lub możliwość usuwania materiału stawiającego opór przy cięciu poza obręb siatki (urządzenie odściągające) z wykorzystaniem zaworu separacyjnego wraz z przewodem wydalającym części stałe po rozprężeniu w zaworze separującym. Działanie

urządzenia odściągającego polega na odrzucaniu w czasie cięcia ścięgien przez specjalnie uformowaną końcówkę noża na zewnętrzny obwód zestawu tnącego i następnie transport tego materiału na zewnątrz. Wilki takie z urządzeniami separującymi są konkurencyjne w stosunku do tzw. separatorów miękkich, umożliwiają np. pozyskanie mięsa ze skrzydeł indyczych z wydajnością 90% (otwory siatki separacyjnej 3 mm) i o zawartości wapnia poniżej 0,02% lub z podudzi indyczych z wydajnością 87,5% (zawartość wapnia poniżej 0,09%) [3].

W ostatnich latach opracowano systemy wykorzystujące mechaniczne zginięcie i ściskanie do wytwarzania ciśnienia w surowcu podawanym do kolejnych urządzeń z wykorzystaniem pomp tłokowych, krzywkowych lub łopatkowych. W urządzeniach tych najkorzystniejsze jest zastosowanie elementów krzywkowych, gdyż można wówczas rozdrabniać skórki surowe, co nie jest zalecane np. w urządzeniach łopatkowych. Wymagane ciśnienie dociskające mięso do elementów zespołu tnącego jest uzyskiwane w wyniku sprężania surowca i zmniejszenia skoku krzywki.

Kolejne innowacje w zakresie rozwoju wilków idą w kierunku produkcji kompleksowych urządzeń typu wilko-mieszarki. Wówczas w mieszarce jest wbudowany dodatkowy wał ślimakowy poprzecznie do osi długiej (zazwyczaj w dolnej części) doprowadzającej wymieszany surowiec do gardzieli i zestawu tnącego z boku mieszarki (rys. 14.2).



Rys. 14.2. Wilko-mieszarka [5]

Takie rozwiązania konstrukcyjne najczęściej stosowane są w małych urządzeniach (warsztaty rzemieślnicze i gastronomia).

Powszechnie stosowanym rozwiązaniem są tzw. wilko-nadziewarki, w których układ ślimakowy nadziewarki jest wykorzystywany do transportu mięsa do układu tnącego, a z kolei przepływ surowca przez ten układ zapewnia możliwość prowadzenia nadziewania. Nowoczesne wilko-nadziewarki mają wbudowane urządzenia umożliwiające również automatyczną analizę receptury przetworzonych produktów. Do zestawiania ostatecznego składu farszów kielbasianych wykorzystuje się także współdziałanie kilku wilków dostar-

czających rozdrobnione surowce do jednego punktu roboczego [14]. Obecnie łączy się wilki z przystawką do mięsa mielonego, z pompą transportującą i systemem tnącym w jeden układ produkcyjny, co umożliwi wytwarzanie porcjowanego mięsa mielonego.

Płatkowanie jest kolejną operacją jednostkową w procesach rozdrabniania. Jest stosowane w odniesieniu do mięsa mrożonego (lub podmrożonego) w formie bloków albo kawałków poprzez struganie cienkich fragmentów zamrożonej tkanki. W skład urządzenia wchodzi kolistą głowica tnąca i wirnik obracający się z dużą prędkością i powodujący przepychanie mięsa przez noże głowicy. Stosuje się również urządzenia działające na zasadzie strugarki. Płatki surowca mrożonego są wykorzystywane głównie w produkcji przetworów restrukturyzowanych. Rozpowszechnione są także urządzenia działające na zasadzie gilotyny, za pomocą których zamrożone bloki rozdrabniane są na „plastry” o szerokości od 10 do 50 mm (które mogą bezpośrednio być poddawane np. kutrowaniu) [8].

Proces kutrowania służy finalnemu rozdrobieniu mięsa, aż do całkowitej dezintegracji tkanki mięśniowej wraz z wodą i dodatkami funkcjonalnymi. W trakcie procesu następuje także dyspergowanie tłuszczu, stąd częste choć nie do końca poprawne określanie otrzymywanej masy homogennej mianem emulsji mięsnej. Klasycznym rozwiązaniem technicznym umożliwiającym kutrowanie jest tzw. kuter misowy. W procesie kutrowania mięso jest poddawane cięciu przez zespół noży umieszczonych na wale nożowym wykonującym ruch obrotowy poprzeczny do ruchu materiału w obrotowej misie. Bardzo dokładne rozdrobnienie (cięcie) jest osiągnięte dzięki małemu odstępowi pomiędzy misą a zespołem nożowym. Farsz drobno rozdrobniony jest podstawowym surowcem do produkcji wędlin typu frankfurterki, kiełbasa bolońska, serdelki, parówki, mortadela. Misa obraca się z prędkością od kilku do 30 obr./min, wał nożowy kutra w zakresie kilku tysięcy obr./min, najczęściej od 1 000 do 5 000. Istotnym czynnikiem w technice kutrowania jest dążenie do skrócenia procesu, np. w wyniku zwiększenia prędkości wału nożowego pozwalającej uzyskać mierzoną na końcówkach noży maksymalną prędkość odśrodkową rzędu 160 m/s. W nowoczesnych kutrach można również przeprowadzić mieszanie składników przy zastosowaniu biegu wstecznego i niskich obrotów noży oraz misy [2].

Wiele szczegółowych problemów technologicznych dotyczy doboru czasu kutrowania, ilości noży, szybkości wału nożowego i temperatury. Typy stosowanych noży oraz przykład kutra z misą przedstawiono na rysunku 14.3.



Rys. 14.3. Kuter próżniowy wraz z przykładowymi nożami [5]

W związku z osiąganą dużą szybkością wałów nożowych i technicznymi możliwościami uzyskania wysokiej ostrości noży (promień ostrza ok. 6  $\mu\text{m}$ ) zasadnicza faza, określana też mianem pierwszej, to jest właściwego rozdrobnienia trwa nawet poniżej 1 min, a tzw. wymulgowanie osiąga się w nowoczesnych kutrach już po 2–3-minutowym kutowaniu. Przypomina to proces przebiegający w kutrach o działaniu ciągłym, tak zwanych przelotowych. Jednym z nowszych usprawnień w konstrukcji kutrów misowych jest zastosowanie urządzeń do wyważania głowicy umożliwiające wymianę zespołu noży bezpośrednio w kutrze [5]. Intensywne cięcie i mieszanie sprzyja procesom oksydacji składników farszu (głównie lipidów i barwników) wywołanej przez tlen atmosferyczny, jak również prowadzi do niekorzystnego napowietrzenia farszu i powstania tzw. kieszeni powietrznych w gotowym wyrobie. Stąd hermetyzacja pokryw kutrów i standardowa już możliwość prowadzenia procesu w warunkach podciśnienia w tzw. kutrach próżniowych (rys. 14.3). Wyposażone są one w podwójną misę, a cały układ wymaga uszczelnienia. Jako uszczelnienie stosowany jest smar zapobiegający wciąganiu materiału pod misę w wyniku podciśnienia oraz ruchu obrotowego [28].

Obecnie uważa się, że pierwsza faza kutowania związana z cięciem wstępnie rozdrobnionego surowca jest okresem wysoce efektywnego działania noży, następnie jednak szczególnie w kołpaku nożowym następuje cyrkulacja (tzw. pompowanie) farszu związana z jego przepływem. Wówczas wzrastają opory mechaniczne rozdrabnianej masy i rośnie jej temperatura. Jedną z możliwości przeciwdziałania temu zjawisku jest tzw. zawężenie obszaru kutowania przez zastosowanie poprzecznej przegrody w kołpaku. Wówczas proces cięcia przebiega tylko w wąskim obszarze i nie ma dodatkowych przepływów farszu. Opracowano również koncepcję zastosowania noży z otworami bocznymi, co ma pozwalać na swobodny przepływ farszu w obrębie głowicy nożowej i powodować zmniejszanie oporów w fazie uwodnienia i mieszania surowców (przypraw). Nowością są ostrza noży z proszków spiekanych metali twardych, z tym że nie można ich ostrzyć [2].

Początek procesu, kiedy kutowany jest surowiec mięsny o niższej zawartości tłuszczu, powinien przebiegać w temp. do 4°C, a temperatura farszu w końcu procesu po wprowadzeniu surowca bogatego w tłuszcz nie powinna wynosić więcej niż 10–15°C. Wyższe temperatury mogą być stosowane, jeśli dodano wielofosforanów lub przetwarzane jest mięso ciepłe. Zastosowanie młynka koloidalnego lub kutra przelotowego również pozwala na prowadzenie procesu w temp. do 25°C. Ponieważ temperatura końcowa farszu jest czynnikiem krytycznym dla jakości wędlin, istnieje trudność w określeniu tzw. optymalnego czasu kutowania ze względu na korzystne kształtowanie finalnej tekstury wędlin. W nowoczesnych technologiach wydłużenie czasu kutowania lub tylko obniżenie temperatury można uzyskać przez wprowadzenie do farszu ciekłego azotu lub dwutlenku węgla, usuwając w ten sposób również część powietrza z przestrzeni roboczej kutra [15]. Postęp w konstrukcji klasycznych kutrów misowych polega na wprowadzeniu głębokiej misy (o 70% większa objętość niż tradycyjna), która może być przechyłana przy opróżnianiu z oddzielną lub uchylaną głowicą nożową. Coraz bardziej modyfikowane są układy podawania surowców (załadunku), m.in. stosuje się ramię podnoszące wózek zamiast klasycznego słupa oraz rozładunku z wykorzystaniem tarcz wyrzutowych. Zastosowanie tzw. wyrzutnika schodkowego umożliwia usunięcie z misy całej kutowanej masy. Możliwe aktualnie jest kompleksowe rozdrabnianie surowców do produkcji wędlin dojrzewających typu salami z zastosowaniem kutrów dwugłowicowych. Kutry są już wyposażone

w automatyczne systemy mycia, obejmujące wszystkie fazy procesu łącznie z końcową dezynfekcją.

Osobnym zagadnieniem związanym z produkcją wędlin podrobowych jest przeprowadzenie procesu kutrowania w warunkach podwyższonej temperatury sprzyjającej termohydrolizie kolagenu surowców bogatych w to białko (skórki, część podrobów). Można w tym celu wykorzystać klasyczny kuter, rozdrabniając surowce, szczególnie bogate w kolagen, w gorącym wywarze lub prowadzić kutrowanie z wykorzystaniem urządzeń z podgrzewaną misą.

Szczególnym przypadkiem urządzenia łączącego w sobie cechy wilka i kutra jest tzw. kuter przelotowy (rys. 14.4), który obrabia surowiec wstępnie rozdrobniony (5–8 mm) [6].



Rys. 14.4. Element tnący kutra przelotowego [6]

Jest on stosowany w liniach automatycznej produkcji parówek oraz przy wytwarzaniu farszów wędlin średnio rozdrobnionych. Idea urządzenia polega na zastosowaniu automatycznej regulacji szczeliny pomiędzy specjalnej konstrukcji nożem a siatką. Stopień rozdrobnienia farszu jest regulowany przez: wielkość szczeliny, prędkość przepływu farszu przez pompę podającą, wielkość otworów siatki (1–10 mm) oraz ilość ramion noża (3–12). Proces jest kontrolowany przez czujnik ciśnienia zamontowany w gardzieli na wysokości urządzeń tnących. Nadmierny wzrost ciśnienia powoduje wyłączenie urządzenia. Dzięki regulacji urządzeń można uzyskać różny stopień rozdrobnienia, nie zmieniając zestawu tnącego. W urządzeniu tym surowiec mięsny jest transportowany przenośnikiem ślimakowym do zestawu rozdrabniającego, składającego się w najprostszym rozwiązaniu z noża wstępnego podającego, osadzonego na stałe na wale oraz siatki wprowadzonej na rowkowania wału urządzenia i noża wyjściowego o większej liczbie ramion (układ 2 noże – 1 siatka) prędkość obrotu wału z nożami sięga ponad 2000 obr./min. Do produktów drobno rozdrobnionych stosuje się siatki o drobnych otworach i noże z dużą ilością ramion [5]. W czasie rozdrabniania surowców w kutrze przelotowym możliwe jest uzyskanie wyższych temperatur niż w kutrach z misą, tj. nawet do ponad 25°C, ale w przypadku przetworów drobiowych temperatura nie powinna przekraczać 10°C.

Młynki koloidalne służą do homogenizacji surowców wstępnie rozdrobnionych w innych urządzeniach (wilkach, kutrach) do uzyskania konsystencji pasty, dotyczy to również surowców bogatych w kolagen (po wstępnej obróbce termicznej), np. skór lub

farszów wytworzonych na ciepło, np. pasztetów. Przy obróbce w młynkach koloidalnych wymagana jest zawartość ok. 40% wody lub 20% tłuszczu w surowcu lub farszu. Młynek składa się z pionowego leja zasypowego oraz urządzenia rozdrabniającego w postaci dwóch tarcz wytworzonych z twardej stali kwasowej, ustawionych poprzecznie do grawitacyjnego spadku produktu. W górnej, węższej tarczy znajduje się otwór, przez który surowiec dostaje się między obracające się tarcze (3000 obr./min). Wewnętrzna powierzchnia tarcz wyposażona jest w zęby rozcierające, których wielkość zmniejsza się w kierunku obwodu. Większe zęby rozrywają surowiec, a później jest on mielony pomiędzy mniejszymi zębami. Stopień rozdrobnienia zależy od ustawienia szczeliny pomiędzy tarczami.

## Mieszanie

Funkcje mieszania jako operacji jednostkowej w procesie przetwarzania mięsa są następujące:

- ujednoczenie różnych rodzajów mięsa użytych do produkcji, w tym również standaryzacja składu przetworów;
- wprowadzenie składników niemięsnych do farszów;
- współdziałanie w ekstrakcji białek miofibrylarnych z tkanki poprzez działanie czynnika mechanicznego;
- zwiększenie absorpcji solanki przez elementy strukturalne i białka mięśni oraz wyrównanie jej stężenia w masie mięsa.

Najważniejszymi funkcjami mieszania jest przestrzenne wyrównanie składników farszu oraz ostateczne powiązanie składników drobno rozdrobnionych (wykutrowanych) z pozostałymi o różnym stopniu rozdrobnienia w przypadku przetworów nadziewanych do osłonek, form lub puszek bezpośrednio po mieszanii.

Mieszadła składają się z zasobnika oraz zazwyczaj dwóch równoległe ustawionych mieszadeł i napędu. Stosowane mieszadła można podzielić ze względu na konstrukcję elementów mieszających na łopatkowe, ślimakowe, wstęgowe (rys. 14.5).



Rys. 14.5. Przykładowe rodzaje mieszadeł [5]

Obecnie znaczna część tych urządzeń może być hermetycznie zamykana i pracować w warunkach obniżonego ciśnienia, co pozwala przejąć część funkcji masowania [8]. Różnice w konstrukcji polegają na ustawieniu osi obu mieszadeł na równym poziomie (tradycyjnie) lub osie są ustawione na różnych poziomach (tzw. intermeshing), co zapewnia lepszy kontakt materiału w czasie mieszania i prowadzi do zmiany konstrukcji miski (zasobnika).

Stopień wypełnienia mieszanki ma istotne znaczenie w prawidłowości procesu – wypełnienie nie może być większe niż maksymalny poziom osiągany przez elementy robocze, optimum wynosi zwykle 80–85% objętości zasobnika. Istotna jest kolejność wprowadzonych składników; w pierwszym rzędzie do mieszanki wprowadza się farsz drobno rozdrobniony, następnie pozostałe składniki o mniejszym stopniu rozdrobnienia, na końcu surowiec tłuszczowy o odpowiednim stopniu rozdrobnienia. Czas mieszania wynosi od kilku do kilkudziesięciu minut. Długie mieszanie występuje wówczas, gdy spełnia częściowo funkcję masowania. Większe problemy stwarza mieszanie farszów na wędliny surowe, gdyż odbywa się to bez dodatku wody, a składniki nie są tak uwodnione jak w przypadku farszów drobno rozdrobnionych.

W procesie mieszania można przeprowadzić tzw. wstępne mieszanie (ang. pre-blending) surowca mięsnego z solą w dłuższym czasie, tj. 1–2 godz., w celu zwiększenia ekstraktywności frakcji miofibrylarniej z tkanki i związania wody w finalnym wyrobie. W procesie mieszania, szczególnie prowadzonego w warunkach obniżonego ciśnienia, można wprowadzić do mięsa/farszu wodę lub solankę nie wchłoniętą w poprzednich etapach procesu, a więc prowadzić peklowanie metodą zalewową.

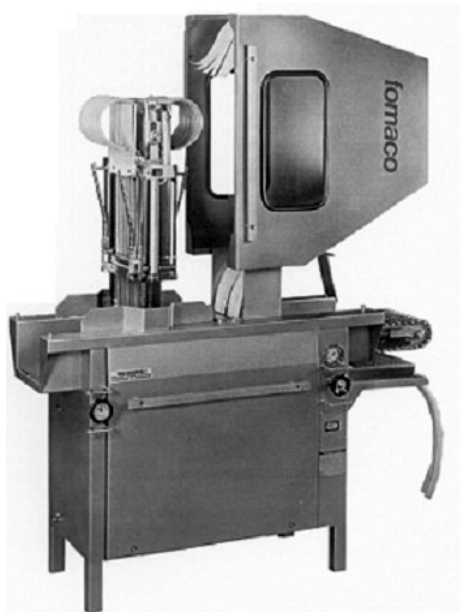
Nowoczesne mieszanki są wyposażone w urządzenia ciągłego pomiaru masy peklowanych surowców (zlokalizowane w podstawie lub nogach), dozowania wody albo pary wodnej (umożliwia to przeprowadzenie obróbki termicznej podczas mieszania) oraz podwójny płaszcz. Chłodzenie surowca może być zapewnione przez bezpośredni wtrysk ciekłego dwutlenku węgla lub azotu do masy (podłączenia znajdują się w dolnej części urządzenia) [15]. Funkcja chłodzenia przy użyciu skroplonych gazów jest istotna, gdyż umożliwia uzyskanie temp.  $-4^{\circ}\text{C}$  w surowcu, który bezpośrednio po wymieszaniu może być poddany np. formowaniu. Mieszanki często współpracują z urządzeniami do określania składu chemicznego farszu metodami instrumentalnymi, np. z wykorzystaniem promieniowania X lub spektrofotometrami podczerwieni. Analiza on-line jest wykonywana na podstawie widma transmisji NIT w bliskiej podczerwieni, co umożliwia standaryzację składu chemicznego mieszanego surowca poprzez dodawanie kolejnych jego partii o stopniu rozdrobnienia od 1 mm do 4,5 cm [28]. Rola mieszatek jako urządzeń do standaryzacji mięsa i/lub produktu będzie przyszłościowo rosła.

#### 14.1.2. Peklowanie nastrzykowe

Spośród podstawowych i tradycyjnych metod peklowania: techniką na sucho, tj. z użyciem soli pekłujących poprzez posypanie/nacieranie (przesypanie warstw mięsa) lub obtoczenie w soli oraz peklowania na mokro metodą zalewową i nastrzykową – tylko ta ostatnia technika, głównie jako iniekcja domięśniowa z użyciem aparatów wielogłowych, jest powszechnie stosowana, nie licząc peklowania przeprowadzonego w fazie kutowania poprzez wprowadzenie składników pekłujących w fazie uwodnienia farszu.



Nastrzykiwanie jest dominującą formą wprowadzania składników solanek do dużych bądź nierozdrobnionych lub grubo rozdrobnionych mięśni przeznaczonych głównie do wyrobu wędzonek. W produkcji wędzonek parzonych technologia ta zastąpiła całkowicie peklowanie suche oraz w dużym stopniu zalewowe. Poważnym problemem technicznym jest taka konstrukcja nastrzykiwarek wyposażonych zazwyczaj w zespół wielu igieł, która umożliwi jednolite rozprowadzenie solanki [7]. Jest to szczególnie istotne w przypadku nastrzykiwania tuszek drobiu, dodatkowym utrudnieniem jest wówczas konieczność stworzenia konstrukcji zapobiegającej wbijaniu igieł w kości. Wykorzystywane są sensory, które reagują na opór mechaniczny i lokalny wzrost ciśnienia i regulują przy wykorzystaniu amortyzatorów stopień zagłębienia igieł. Stosowane są dwa systemy docisku igieł: sprężynowe i pneumatyczne (rys. 14.6).



Rys. 14.6. Nastrzykiwarka [7]

Zasadniczym problemem związanym z peklowaniem nastrzykowym jest konieczność monitorowania ilości solanki wprowadzonej do mięśni (tzw. nastrzyku), aby nie spowodować wprowadzenia nadmiernej ilości składników peklujących, czy to ze względu na uregulowania prawne lub z uwagi na kształtowanie pożądanych cech sensorycznych, np. słoności. W tabeli 14.1 podano typowy skład solanki peklującej stosowanej w produkcji wędzonek drobiowych parzonych.

Ze względu na podane wyżej uwarunkowania przygotowywane są solanki o zróżnicowanej ilości składników peklujących w zależności od wielkości przewidywanego nastrzyku i związanego z nim przyrostu masy peklowanego mięsa. Zazwyczaj stosuje się przyrosty od 20 do 50%, choć w praktyce produkcyjnej możliwe i rozpowszechnione są technologie produkcji wędzonek wysoko wydajnych, gdzie w procesie nastrzyku uzyskuje się przyrosty od 60 do nawet 100%. Wprowadzenie do mięśni solanki w ilości poniżej 20% masy mięsa nie wymaga nastrzyku i może być przeprowadzone w czasie mieszania lub

masowania. Przy wyższych nastrzykach, powyżej 50%, stosuje się często dwukrotną iniekcję, wówczas solanka nie wchłonięta przy pierwszym nastrzyku jest zawracana i nastrzykiwana w kolejne partie mięsa.

Skład solanki oraz stężenie składników jest zależne od wielkości nastrzyku oraz przewidywanej wydajności przetworów po obróbce termicznej. Aktualnie dąży się do uzyskania stosunkowo niewielkiej ilości soli w produkcie finalnym, co znajduje swoje odbicie w ustaleniu wymagań normatywnych w tym względzie (patrz rozdz. 15.4). Warunki prawidłowego nastrzyku solanki powinny zapewnić równomierne jej rozmieszczenie w całej strukturze mięsa (ostateczny efekt będzie uzyskany po procesie masowania), na co wpływ ma także lepkość solanki warunkowana m.in. jej temperaturą, korzystnie niską, tj. ok. 0°C ze względu na bezpieczeństwo higieniczne produktów.

Tabela 14.1

Receptura solanki peklującej w zależności od wielkości nastrzyku

Solanka nastrzykowa – przyrost 50% (kg/100 kg solanki)	
Peklosól : 99,4 % NaCl + 0,6% NaNO <sub>2</sub>	5,5
Fosforany	1
Glutaminian	0,2
Izoaskorbinian	0,25
Karagen	1
Izolat sojowy	2
Woda / lód	do 100

Nastrzykiwarka składa się z zespołu nastrzykującego z pompą, stołu podawczego z regulacją przesuwu, przenośnika, zbiornika z solanką i pompy obiegowej wirowej lub tłokowej [7]. Zespół nastrzykujący to zazwyczaj wieloigłowe urządzenie działające w sposób ciągły przy ciśnieniu zazwyczaj ok. 0,2 MPa aż do 0,5 MPa, zasilane solanką centralnie. Mięso jest układane na całej szerokości podajnika taśmowego [7]. System zasilania wszystkich igieł jednocześnie powoduje straty solanki, gdyż nie wszystkie igły równomiernie podają ją do mięśni. Korzystniejsze jest rozwiązanie zasilania poszczególnych igieł, umożliwiające również bardziej równomierny nastrzyk. Nowoczesne rozwiązania polegają na rozpylaniu solanki pod zwiększonym ciśnieniem do 1 MPa po całkowitym wprowadzeniu igieł do mięsa – w tym przypadku wykorzystuje się w układzie zasilania pompy tłokowe. Nową technologią jest nastrzykiwanie mięśni solanką, zawierającą zhomogenizowane (po obróbce w kurtze przelotowym) mięsa drobne lub MOM. Pozwala to na wykorzystanie mięsa klas niższych w produkcji wędzonek. Jednak stosowanie nastrzyków tego typu budzi zastrzeżenia jakościowe, a przede wszystkim higieniczne, ponieważ następuje wprowadzenie surowca o wyższym zakażeniu mikrobiologicznym do głębokich warstw mięśni.

### 14.1.3. Masowanie i uplastycznianie (tenderyzacja) mięsa

Tenderyzacja dotyczy tylko mięsa drobiu o niskiej kruchości, np. kur po produkcji nieśnej i polega na wielopunktowym nastrzyku igłami grubymi lub nacinaniu powierzchni mięsa sztyletami przy użyciu urządzeń zbliżonych konstrukcją do nastrzykiwarek

(w których igły zastąpiono sztyletami o różnym kształcie końcówek) na głębokość kilku milimetrów w celu zwiększenia powierzchni dla ekstrakcji białek oraz przecięcia tkanki łącznej.

Uplastycznianie zachodzi również w czasie masowania lub tzw. tamblowania mięsa. Oba procesy mają przede wszystkim na celu równomierne rozłożenie składników solanki w mięśniu nierozdrobnionym lub grubo rozdrobnionym. Dokonuje się to przez wolne mieszanie łopatkami w stacjonarnym urządzeniu (masowanie) lub w obrotowym bębnie wyposażonym w przegrody na ścianie wewnętrznej umożliwiające podnoszenie kawałków mięsa, które spadają na dolną część urządzenia (tamblowanie) – ta ostatnia metoda ma w większym stopniu znaczenie dla poprawy kruchości mięsa. W trakcie masowania oddziaływania mechaniczne są łagodniejsze i jest ono powszechnie stosowane w produkcji przetworów czy wędzonek z dużych mięśni o słabej tkance łącznej, np. z mięśni piersiowych indorów. Często w terminologii krajowej nie rozróżnia się tych dwóch technologii, określając je wspólną nazwą masowanie. Stosowane są masownice oparte o dwa rozwiązania konstrukcyjne: bębnowe i mieszadłowe. Te pierwsze składają się z cylindrycznego bębna z wbudowanymi przegrodami. Mięso w czasie ruchu obrotowego bębna jest podnoszone ku górze, po czym opada. W masownicach mieszadłowych bęben nie wykonuje ruchu, a przesuw mięsa wykonuje się za pomocą mieszadeł łopatkowych lub wstęgowych [1]. Zazwyczaj masownice mieszadłowe charakteryzują się znacznie krótszym czasem masowania w stosunku do bębnowych (nazywane są urządzeniami szybkiego masowania). Nowoczesnym rozwiązaniem jest zastosowanie tzw. łopaty helikoidalnej powodującej wyrównanie ruchu obrotowego całego wsadu (rys. 14.7).



Rys. 14.7. Masownica [7]

Funkcje masowania to przede wszystkim [18]:

- częściowa tenderyzacja – tylko w odniesieniu do mięsa drobiu o niskiej kruchości,
- uaktywnienie powierzchni i struktury mięśni przez zmianę przepuszczalności błon strukturalnych i komórkowych w procesach wymiany masy (głównie wchłaniania solanki),
- ekstrakcja i pęcznienie białek oraz struktur komórki mięśniowej (miofibryle) w celu tworzenia zoli ułatwiających wiązanie mięśni i kawałków mięsa.

W procesie masowania rozróżnia się czas pracy (obroty bębna), tzn. właściwe masowanie oraz tzw. relaksację, w czasie której masa mięsa pozostaje w spoczynku, a przebiegają wówczas procesy dyfuzji i przestrzennego wyrównania stężenia soli. Parametrami krytycznymi w procesie masowania są: temperatura, która powinna być jak najniższa (nowoczesne masownice mają płaszcz chłodzący bądź są chłodzone kriogenicznie), czas przebiegu procesu (w podziale na masowanie i relaksację) oraz stopień obniżenia ciśnienia w bębnie [1]. Stosowanie optymalnych warunków procesu pozwala na kontrolowaną poprawę kruchości przetwarzanego mięsa, równomierną dystrybucję składników solanki i powstanie na powierzchni mięsa warstwy częściowo wyekstrahowanych oraz napęczniałych struktur miofibryli, tworzących substancję zlepiającą kawałki mięsa i żelową matrycę w czasie jego obróbki termicznej. Ekstrakcji tej sprzyja szczególnie prowadzenie masowania pod obniżonym ciśnieniem, co jednocześnie usuwa powietrze z przetworzonej masy mięsnej, zapobiegając oksydacji.

Masowaniu poddawane są całe mięśnie lub kawałki mięśni, najczęściej po uprzednim nastrzyku, przy czym część solanki lub nawet całość (wtedy omijany jest etap nastrzyku) może być wprowadzona w formie zalewy (przy przyrostach powyżej 40% niezalecane jest jednak wprowadzanie więcej niż 10% wolnej solanki). Efekt masowania jest zależny od prawidłowego przebiegu tzw. programu masowania, obejmującego sumaryczny czas pracy (obrotów bębna) i łączny czas przerw (relaksacji). Nadmierne wydłużenie czasu masowania zwiększające jego efekt wyrażony tzw. drogą (iloczyn obrotów bębna, ilości obrotów i efektywnego czasu) powoduje zmiany struktury mięśni aż do efektu tzw. przemasowania, kiedy następuje daleko idące spęcznienie włókien i ekstrakcja białek, a całość mięśni utrzymuje tylko tkanka łączna. Najkorzystniejsze do zachowania prawidłowej konsystencji mięsa jest masowanie odpowiadające drodze 3500–4000 m [16]. Program masowania obejmuje najczęściej etap wstępny, gdy proces jest prowadzony w sposób ciągły pod próżnią przez 1–2 godz., co ma na celu pełne wchłonięcie solanki (przy ilości obrotów bębnow od 3 do 6). Następnie przebiega masowanie w sposób okresowy („interwały”) w układzie masowanie (obroty bębna) – relaksacja, przy czym czas pracy jest 2–3-krotnie dłuższy niż przerw (np. 20 min praca, 10 min przerwa). Łączny czas masowania fileta pierśowego indyczego wynosi najczęściej ok. 8 godz. i jest zależny od typu masownicy. W większości rozwiązań stosuje się masowanie w warunkach obniżonego ciśnienia z wykorzystaniem pomp próżniowych, a nowoczesne masownice są hermetycznie zamykane. Zazwyczaj jest osiągnięta próżnia rzędu 80–95%, a efektem obniżenia ciśnienia jest nie tylko przyspieszenie procesu ekstrakcji białek miofibrylarnych, w wyniku dyfuzji składników z wewnątrz tkanki mięśniowej, ale również lepsze utrwalenie barwy, nie tworzy się także piana białkowa, co jest niekorzystne dla jakości wyrobu finalnego i jego związania. Temperatura masowania nie powinna przekraczać 5°C, co można uzyskać przez prowadzenie procesu w pomieszczeniach chłodzonych lub stosowanie płaszczy chłodzących bębny. Wdrażane są

eksperymentalnie także masownice z chłodzeniem ciekłym azotem – system ten jest również korzystny ze względu na zapobieganie zmianom oksydacyjnym. Aktualnie rozwijane koncepcje rozszerzenia zastosowań masownic obejmują także prowadzenie rozmrażania mięsa pod próżnią przy jednoczesnym wtrysku pary, zamrażanie mięsa poprzez wtrysk ciekłego azotu (mięso w kawałkach mrożenie typu IQF – individual quick freezing), a nawet prowadzenie obróbki termicznej i marynowania w jednym ciągu operacji technologicznych wykonywanych w bębnie masownicy. Nowym rozwiązaniem jest także stosowanie masownic ultradźwiękowych. W wyniku stosowania sonifikacji obok działania mechanicznego uzyskuje się efekt skrócenia procesu o 20–30%.

#### 14.1.4. Nadziewanie

Aktualnie stosowane nadziewarki są zasilane pompą, a farsz podawany jest przez wirnik (rys. 14.8). Do starszych rozwiązań spotykanych powszechnie w zakładach należą nadziewarki tłokowe i z pompą ślimakową.



Rys. 14.8. Nadziewarka [29]

Ze względu na rozwiązania techniczne (napęd) rozróżnia się dwa typy nadziewarek: hydrauliczne i elektryczne, to jest z zastosowaniem silników prądu stałego. To drugie rozwiązanie staje się standardem nie tylko w przypadku nadziewarek, gdyż ma szereg zalet w stosunku do napędów hydraulicznych (cicha praca, mniejsza awaryjność, lepsza dokładność). Większość urządzeń nadziewających pracuje w warunkach obniżonego ciśnienia w celu usuwania powietrza z farszu [29] – najczęściej po wprowadzeniu do zasobnika nadziewarki. Następnie ślimak (śruba) podający kieruje farsz do pompy. Łopaska pompy obraca się o 270 stopni przed biegiem wstecznym i rozpoczyna następny cykl dozowania farszu. Nadziewarki wyposażone w pompy podające są stosowane do produktów o średnim i drobnym stopniu rozdrobnienia. Produkty grubo rozdrobnione są nadziewane

przy użyciu urządzeń tłokowych. Automatyczne nadziewarki wymagają stosowania wytrzymałych mechanicznie jednolitych osłonek. Zamykanie osłonek polega na przewiązywaniu końców przędzą lub klipsowaniu przy użyciu klipsów metalowych. Przetwory produkowane w osłonkach o małej średnicy są przekręcane lub przewiązywane na krótkie batony i przekładane na kije wędzarnicze lub za pomocą pętelek zawieszane na kijach. Poszczególne batony nie mogą stykać się ze sobą lub dotykać wózków wędzarniczych. Produkty o średnicy powyżej 120 cm poddawane są obróbce w pozycji horyzontalnej po ułożeniu na odpowiednich tacach. Aktualnie w produkcji przetworów nadziewanych w osłonki o małych średnicach wykorzystuje się automaty napełniające z automatycznym zawieszeniem batonów oraz ciągłą linię obróbki termicznej.

Obecnie stosuje się urządzenia łączące w sobie szereg funkcji, np. rozdrabnianie i nadziewanie. Najczęściej są to tzw. wilko-nadziewarki łączące zadania wilka nadziewającego, mieszarki i nadziewarki próżniowej. Czasem w tego typu automatach wykonuje się także kutrowanie lub emulgowanie. W urządzeniach tych wykorzystuje się jeden napęd (lub energię przekazywaną przez transportowaną masę), obniżając w ten sposób nakład energetyczny na operacje jednostkowe [3].

Klasycznym rozwiązaniem jest współpraca wilka z nadziewarką próżniową wyposażoną w klipsownice, okrętkarki itp. Jak podano wyżej, w skład zespołów kombinowanych wchodzi także różnego rodzaju separatory umożliwiające oddzielenie ciał obcych i twardych elementów (fragmenty chrząstek, złogi tkanki łącznej oraz kości), wyposażone głównie w siatki o średnicy otworów 20 mm.

#### 14.1.5. Wędzenie

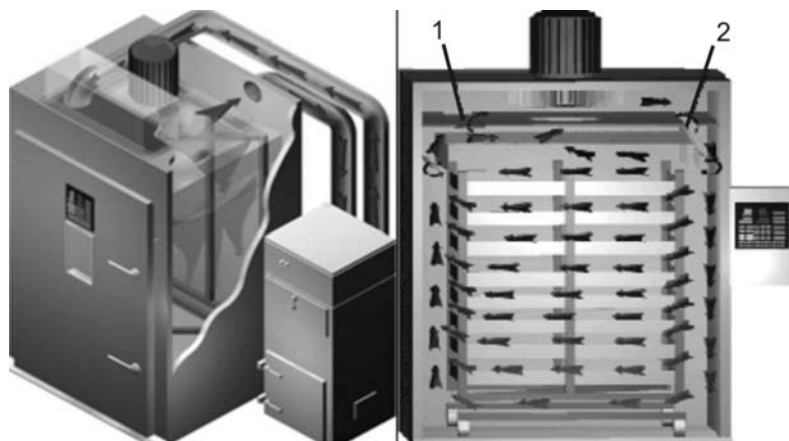
Warunki procesu wędzenia są zależne od rodzaju przetworu, generalnie wyróżnia się krótkotrwałe wędzenie gorące oraz zimne, długotrwałe stosowane do produktów dojrzewających. Proces wędzenia prowadzony jest najczęściej techniką owiewową z wytworzeniem dymu wędzarniczego w formie aerozolu. Używane są również preparaty dymu wędzarniczego stosowane powierzchniowo (batony są pokrywane natryskowo lub zanurzeniowo) albo do wewnątrz produktu jako dodatek w fazie mieszania względnie kutrowania. Eliminuje to niedoskonałości aerozolowego systemu wędzenia, polegające na konieczności stosowania osłonek częściowo przepuszczalnych w celu umożliwienia dyfuzji składników dymu (które wnikają do batonu na głębokość kilku milimetrów) oraz niewyrównaniu barwy. Użycie preparatów dymu wędzarniczego poprzez wprowadzenie do farszu powoduje równomierne rozłożenie składników, jak również umożliwia zastosowanie osłonek barierowych zamiast kolagenowych czy celulozowych [4].

Proces wędzenia gorącego metodą owiewową jest przeprowadzany w komorach wędzarniczo-parzelniczych, w których znajduje się nagrzewnica parowa zamontowana na suficie komory, ogrzewająca powietrze wprowadzane przez wentylator lub dym z dymogeneratora. Na ścianach bocznych znajdują się dysze, przez które doprowadza się parę lub dym oraz kanały ssące do ich odprowadzania (rys. 14.9).

Obieg dymu i pary jest zamknięty, chociaż przez otworzenie zastaw istnieje możliwość całkowitej wymiany tych mediów.

Wędliny parzone są wędzone najczęściej metodą gorącą. Typowy cykl wędzenia gorącego obejmuje etap podgrzewania przez 10–30 min w temp. od 40 do 50°C (może być on zastąpiony przez tradycyjne osadzanie od ½ godz. do 2 godz. w temp. 18–20°C),

suszenie 15–30 min w 45–55°C (osuszanie powierzchni osłonek), wędzenie gorące 10 min w 50–60°C, kolejne suszenie 10–15 min w 50–60°C oraz końcowe wędzenie gorące przez 15–20 min w temp. 55–60°C. Ostatni proces jest często realizowany dwufazowo, tj. w drugiej fazie podnoszona jest temperatura np. z 55 do 60°C przy wilgotności powietrza 70% [27].



Rys. 14.9. Systemy cyrkulacji w komorach wędzarniczo-parzelniczych [30]

Wędzenie zimne przeprowadzane jest w komorach dojrzewalniczych, gdzie istnieje możliwość regulacji temperatury w zakresie od kilku stopni do 25°C, wilgotności względnej (najczęściej 75–80%), ruchu powietrza i doprowadzenia dymu z dymogeneratora. Wędzenie jest tu tylko początkową operacją, a dominuje suszenie przebiegające równolegle z procesami dojrzewania.

W nowoczesnych komorach wędzarniczych stosowane są tylko systemy półotwarte lub zamknięte. Ze względu na wymogi przepisów dotyczących zanieczyszczenia środowiska dym po produkcji, a przed usunięciem do atmosfery, jest utylizowany jako gaz odlotowy poprzez dopalanie przy użyciu katalizatorów, kondensowany, absorbowany w płuczkach chemicznych (NaOH, roztwory podchlorynu) lub oczyszczany przez adsorpcję na węglu aktywnym [4].

Pieczenie wędlin przeprowadzane jest w komorach wędzarniczo-parzelniczych przy temp. od 90 do 250°C lub piecach konwekcyjnych.

#### 14.1.6. Parzenie

Ostateczną formą pasteryzacyjnej obróbki termicznej wędlin nietrwałych oraz znacznej grupy wędzonek jest parzenie, tj. obróbka w parze wodnej do osiągnięcia temperatury w centrum batonu minimum 72°C (wymaganej przez przepisy sanitarne i pozwalającej na uzyskanie bezpieczeństwa produktu), prowadzona w komorach wędzarniczo-parzelniczych [15]. W przypadku przetworów z mięsa drobiu największy problem stwarza parzenie produktów z mięsa piersiowego, gdyż w wyniku dogrzenia do podanej wyżej

temperatury następuje utrata zdolności wiązania wody i tworzą się wycieki. Wówczas do eliminacji tego typu odchyień jakościowych niezbędne jest stosowanie solanki opartej o fosforany i hydrokoloidy, białka itp.).

Nowoczesnym sposobem obróbki termicznej pozwalającym na poprawę wydajności produktu, ale wydłużającym jej czas jest metoda ogrzewania różnicowego delta T. W metodzie tej ogrzewa się komorę do temp. o 25°C wyższej od temperatury produktu, takie ogrzewanie prowadzi się do temp. medium ok. 75°C (50°C w produkcie), po czym nie podnosi się temperatury komory, a prowadzi obróbkę do uzyskania finalnej temperatury produktu, tj. 72°C. Wędliny po procesie parzenia są poddawane chłodzeniu poprzez natrysk wody w komorze lub na specjalnym stanowisku do osiągnięcia 20–30°C w centrum batonu. Ostateczne wychładzanie wędlin prowadzi się w chłodni.

#### 14.1.7. Krojenie, plasterkowanie

Proces jest wykonywany kompleksowo w urządzeniu, na które składa się plasterkownica wyposażona w duży nóż obrotowy, który tnąc produkt podawany najczęściej pod kątem 45° na plasterki o założonej grubości. Następnie urządzenie, w zależności od programu, układa plasterki w stos lub jeden na drugi z przesunięciem, istnieje również możliwość przekładania poszczególnych plasterków warstwą papieru albo filmu z tworzyw sztucznych. Stosowane jest m.in. układanie plasterków w wachlarz, słupek z przesunięciem, składanie plastrów na pół lub rolkowanie. Porcje są ważone automatycznie, często jest stosowane sterowanie przez sprzężenie zwrotne, korygujące masę porcji w wyniku zmiany grubości plasterków. Na podobnych zasadach działają urządzenia przygotowujące sześciany, pasma z mięsa mrożonego lub poddanego obróbce cieplnej. W pierwszej fazie rolka podająca wyrównuje grubość produktu (podawanego w formie płaskiej taśmy), następnie noże kroją produkt na podłużne paski, które są dzielone na kostkę (sześciiany) przy użyciu noży obrotowych tarczowych.

#### 14.1.8. Formowanie

Formowanie produktów typu sznycle (kotlety-hamburgery), paluszki, kuleczki, klopsy itp. wytwarzanych z mieszaniny mięsa mielonego i farszu drobno rozdrobnionego jest przeprowadzane w odpowiednich formach. Masa jest przekazywana do formy z wgłębieniami, a następnie ukształtowane produkty poddane lub nie poddane obróbce termicznej są indywidualnie mrożone kontaktowo (metoda IQF).

Formierki składają się z lejów załadowniczych, płyt formujących z otworami oraz urządzeń tłokowych lub ślimakowych podających surowiec. Ciśnienie w czasie formowania jest regulowane, co eliminuje zgniatanie surowca i zapewnia zachowanie formy w czasie obróbki termicznej. Po napełnieniu płyta formująca przesuwa się do stacji wyrzutnika, gdzie produkty są wypychane na przenośnik wylotowy.

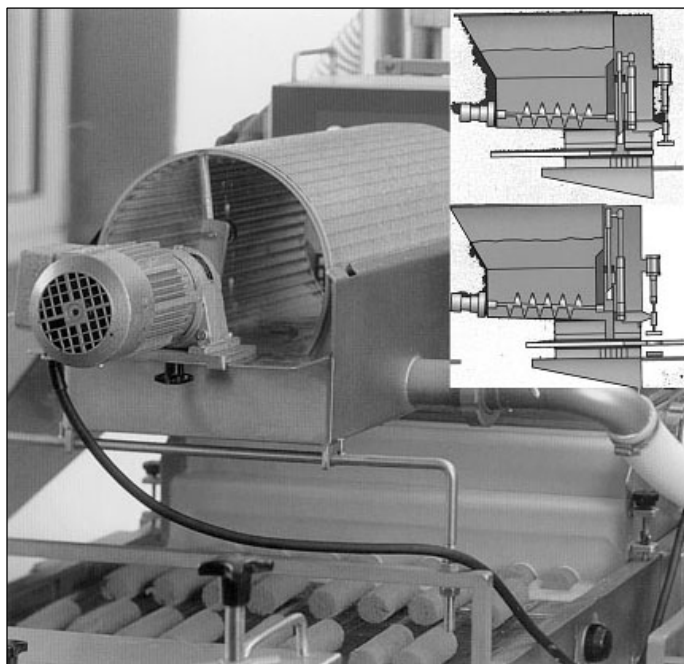
#### 14.1.9. Panierowanie

Okolo 50% produktów panierowanych oferowanych na rynku żywnościowym jest wytwarzanych z mięsa drobiu. Pierwszą operacją jest wstępne panierowanie polegające na tworzeniu (pre-dusting) cienkiej warstwy na wilgotnej powierzchni produktu, prowadzone głównie z użyciem mąki lub bardzo drobnego panieru. Przyrost masy wynosi ok. 6%.



Proces jest łatwy do wykonania, jeśli mięso było masowane z solanką ze względu na powstanie powierzchniowej, adhezyjnej warstwy białek miofibrylarnych. Warstwa panieru wstępnego musi być nie tylko cienka, ale również jednolita i nie może utrudniać tworzenia następnych warstw panieru. Ponieważ panierem jest mąka, istnieje niebezpieczeństwo powstawania zlepień. Proces jest realizowany w urządzeniu wyposażonym w przenośnik taśmowy, który przesuwa produkt po łożu wypełnionym mąką. Wstępne panierowanie jest wykonywane na przenośnikach sitowych drgających, aby zapewnić równomierność pokrycia. Stosowane jest także panierowanie w zbiorniku obrotowym lub kaskadowe (flip); na kolejnych przenośnikach produkt opada i zostaje otoczony panierem równomiernie. Istnieją też rozwiązania z regulowaną rolką dociskową, co poprawia przyleganie mąki. Na wylocie z przenośnika nadmiar mąki jest zdmuchiwany [5].

Proces powlekania właściwą warstwą panierów płynnych i sypkich powierzchni produktów formowanych odbywa się najczęściej na linii produkcyjnej, wyposażonej w zestaw przenośników umożliwiających nakładanie składników na uformowane produkty, część przenośników wykonuje ruch vibracyjny w celu wyrównania i osiągania określonej grubości warstwy panieru (rys. 14.10).



Rys. 14.10. Urządzenie do panierowania z filtrem i formierką [5]

Paniery ciekłe i ciasta są zawieszoną suchych składników użytych do pokrywania produktów. Panierowanie ma na celu stworzenie warstwy adhezyjnej na powierzchni produktu mięsnego (panierowanie płynne) oraz kohezyjnej w celu utworzenia oddzielnej warstwy wokół produktu, wygładzające do tworzenia miękkiej warstwy wokół produktu bez posypki czy panierów stałych (tzw. ciasta panierowane). Główne składniki panierów to:

mąka pszenna, kukurydziana, białka, gumy i środki spulchniające. Białka używane do produkcji panierów to: białka glutenowe, jaja, serwatki lub sojowe; powinny one wykazywać dobre właściwości żelujące, gdyż są odpowiedzialne za stworzenie warstwy wiążącej w czasie obróbki cieplnej. Spośród gum często stosowane są ksantan, guar itp. Jako środek spulchniający stosowany jest wodorowęglan sodu.

Paniery adhezyjne charakteryzują się niską lepkością, ale wysokim udziałem suchej masy (głównie skrobia), kohezyjne mają wysoką lepkość i są przygotowywane na bazie mąki [8].

Pokrywanie panierem odbywa się metodą przetłaczania pompą i tworzenia cienkiej warstwy płynnej opadającej na produkt (kurtyna). Przenośnik taśmowy przeprowadza produkty przez wielowarstwową kurtynę panieru mokrego oraz przez kąpiel tworzącą dolną warstwę panieru. Nadmiar panieru jest zdmuchiwany z wierzchu i od spodu panieru. Produkty tak przygotowane są przekazywane do pokrywania panierem suchym lub bezpośrednio do smażenia.

Pokrywanie panierem stałym to wprowadzenie na powierzchnię kleistego produktu dużych cząstek panieru w celu poprawy wyglądu, tekstury, zwiększenia masy itp. Panier stały może być biały, tworzyć tzw. krust (crust) brązowy lub być barwiony przyprawami takimi jak papryka. W celu uzyskania właściwego ciemnego koloru mogą być stosowane barwniki karmelowe. Przenośnik taśmowy prowadzi produkty przekazane z maszyny do panierowania mokrego przez łożo panieru stałego tworzące dolną warstwę, zaś górna warstwa nanoszona jest z leja zasypowego. Łoże z regulowaną rolką dociskową poprawia przyleganie panieru do produktu, w ostatniej fazie nadmiar panieru jest zdmuchiwany.

W przemyśle dań gotowych stosuje się paniery o wolnym brązowaniu w czasie obróbki termicznej. Stopień absorpcji tłuszczu zależy od porowatości krustu, więcej tłuszczu wchłaniają pokrywy bardziej porowate. Technika panierowania jest uzależniona od powierzchni obrabianych elementów. W przypadku panierowania mięsa bez skóry, np. filetu piersiowego, mięso jest poddawane wstępnemu marynowaniu lub masowaniu w celu wytworzenia adhezyjnej warstwy na jego powierzchni. Innym czynnikiem wpływającym na technikę procesu panierowania mięsa drobiu ze skórą jest technika oparzania warunkująca usunięcie lub nie powierzchniowego naskórka. Stosowanie wysokiego oparzania drobiu powoduje poprawę stopnia wiązania panieru do powierzchni skóry.

Linie do panierowania mogą być zestawiane dowolnie, obejmując określone etapy procesu produkcyjnego. Najprostsze rozwiązania dotyczą otaczania produktów oraz pojedynczego panierowania w formie ciekłej albo stałej, np. otaczanie w mące i pojedyncze panierowanie z przyrostem masy poniżej 30%. Wielokrotne prowadzenie operacji powoduje przyrost masy powyżej tej wartości.

#### 14.1.10. Smażenie

Produkty panierowane są często tylko podsmażane (ok. 1 min) w celu uzyskania odpowiedniej tekstury powierzchni lub żeby otrzymać odpowiednie związanie panieru z mięsem w czasie operacji mrożenia. W czasie podsmażania zachodzą pierwsze reakcje brązowania, a ich zaawansowanie jest związane z dodatkiem białek i redukujących węglowodanów.

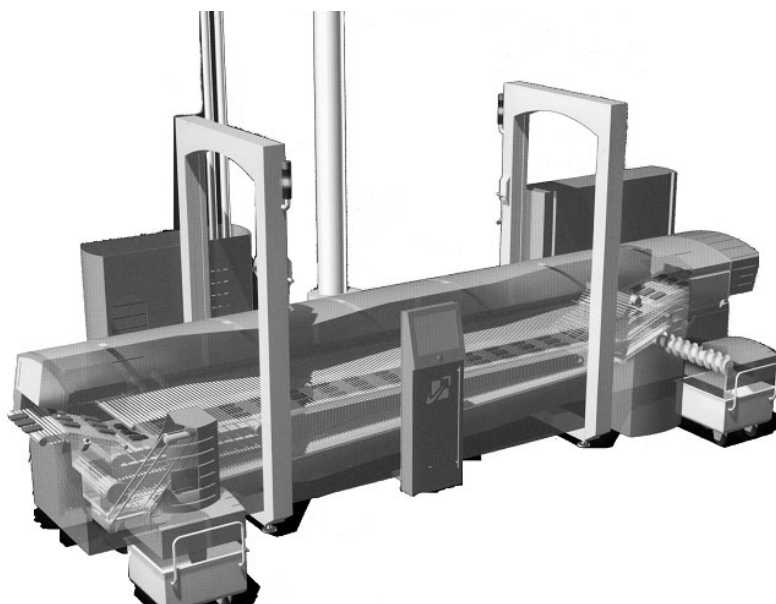
Smażenie dzieli się na wstępne lub pełne. Stosowane są oleje roślinne (głównie sojowy albo rzepakowy) ewentualnie zwierzęce, wybór oleju jest uwarunkowany głównie

względami ekonomicznymi, pożądaną jakością sensoryczną i wartością odżywczą (np. stopień nasycenia kwasów tłuszczowych).

Jakość oleju musi być oceniana podczas całego procesu produkcyjnego ze względu na przemiany hydrolityczne i oksydacyjne wywołane działaniem wysokiej temperatury (180–200°C), jak również polimeryzacją.

Urządzenie do smażenia składa się z przenośnika taśmowego (stosuje się m.in. taśmy teflonowe) transportującego obrabiany produkt przez ogrzewany olej (rys. 14.11).

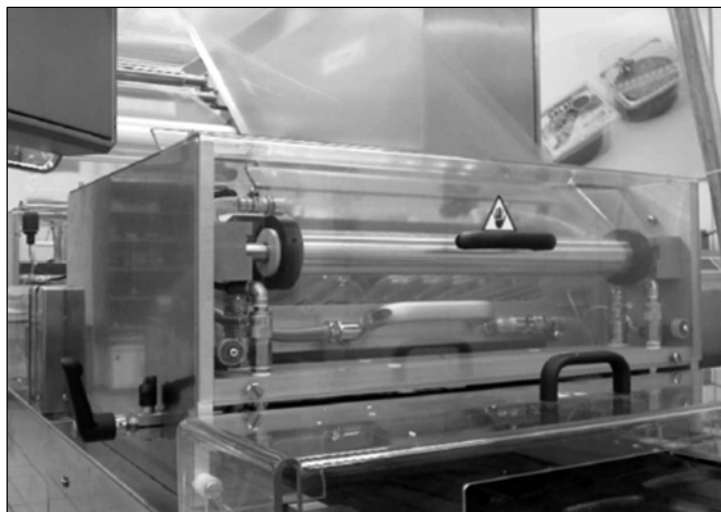
Taśma dociskająca o regulowanej wysokości zapewnia pełne zanurzenie produktów w oleju. Układ cyrkulacji pozwala na zachowanie stałej temperatury w całej masie oleju, co gwarantuje równomierne smażenie produktów. Poprzeczne skrobaki usuwają osady w strefie wejścia produktów. Urządzenia są wyposażone w filtry szczelinowe do oczyszczania oleju, a tzw. taśma skrobakowa usuwa płynne osady w strefie wylotu z maszyny [5].



Rys. 14.11. Smażalnik [5]

#### 14.1.11. Pakowanie

W ostatnich 20 latach całkowicie zmieniły się techniki pakowania, przetworów drobiarskich oraz używane materiały, jak również funkcje tego procesu. Dzisiaj oprócz funkcji zachowania właściwości produktu i jego izolacji od czynników zewnętrznych opakowanie służy również jako czynnik utrzymujący jego integralność fizyczną m.in. w trakcie obróbki termicznej. Stosowane są dwa podstawowe typy urządzeń: poziome, w tym tzw. rolowe (rys. 14.12), w których folia nawinięta na role jest odwijana i tworzone są z niej formy opakowań lub układane są uformowane tacki, oraz pionowe do pakowania produktów w torebki.



Rys. 14.12. Maszyna rolowa do pakowania [5]

W urządzeniach rolowych ustawiana jest szerokość folii, długość odcinania, różnią się również sposobem odcinania folii. Stosowane są folie twarde do dolnej części opakowania oraz miękkie do części górnej. Zasadnicze dwie techniki to pakowanie próżniowe oraz w folię termokurczliwą. Proces polega zazwyczaj na układaniu produktu na folii podstawowej (sztywnej lub elastycznej), a następnie pokrywaniu folią elastyczną, wielowarstwową. Zewnętrzna warstwa folii jest odporna mechanicznie, środkowa jest folią barierową dla wymiany gazów i pary wodnej, natomiast wewnętrzna posiada właściwości pokrywania produktu oraz zdolność do tworzenia szczelnego zamknięcia pod wpływem ciepła.

## 14.2. Podstawy reologii przetworów drobiarskich

Farsze wędlin drobno rozdrobnionych powstałe w wyniku homogenizacji tkanki mięśniowej z dodatkiem wody i surowca tłuszczowego są często określane mianem „emulsji” mięsnych, jednak ich struktura dość znacząco odbiega od charakterystycznej budowy układów dyspersyjnych. Przyczyną jest fakt, że zarówno ich faza ciągła, na którą składa się mieszanina struktur tkankowych o różnym stopniu rozdrobnienia i napężnienia, jak również koloidalny roztwór białek, a także faza rozproszona, w skład której wchodzi komórki tłuszczowe oraz cząsteczki tłuszczu (ale o dyspersji powyżej 20  $\mu\text{m}$ ), nie odpowiadają wymaganiom stawianym emulsjom [25]. Szerzej problematykę charakterystyki farszu jako emulsji omówiono w rozdziale 5.

Farsze wędlin drobno rozdrobnionych będące pochodnymi homogenatów tkanki mięśniowej wykazują cechy reologiczne cieczy nieniutonowskich i ciał plastycznych, które w procesach obróbki cieplnej tworzą żelowaną strukturę wędlin dobrze charakteryzowaną przez cechy sprężysto-plastyczne.

Najprostszym równaniem opisującym przepływ cieczy nieniutonowskich, których lepkość jest zmienna i zależna od szybkości ścinania, wykazujących ponadto cechę plastyczności, jest zmodyfikowana postać prawa Ostwalda de Waele:

$$\tau - \tau_0 = K \cdot D^n \quad (1)$$

gdzie:  $\tau$  – naprężenie ścinające,

$\tau_0$  – granica płynięcia lub plastyczności,

$K$  – indeks konsystencji (miara lepkości),

$D$  – szybkość ścinania,

$n$  – współczynnik strukturalny wskazujący na stopień odchylenia od prawa Newtona przyjmujący wartości  $n=1$  dla cieczy niutonowskich (wówczas współczynnik  $K$  jest równy współczynnikowi lepkości dynamicznej  $\eta$ ),  $n < 1$  (dla cieczy pseudoplastycznych tzw. „rozrzedzanych ścinaniem”, tj. wykazujących obniżenie lepkości ze wzrostem szybkości ścinania) lub powyżej 1 (cieczce dylatacyjne wykazujące wzrost lepkości z przyrostem szybkości ścinania).

Farsze wędlin drobno rozdrobnionych wykazują cechy cieczy nieniutonowskich pseudoplastycznych, przy czym właściwości te są zmienne w czasie. Wówczas równanie (1) przyjmuje postać:

$$\tau = \lambda(\tau_0 + K \cdot D^n) \quad (2)$$

gdzie:  $\lambda$  jest parametrem strukturalnym zależnym od czasu (o wartościach od 1 do 0) [21].

Typowym przykładem takiego stanu dla cieczy pseudoplastycznych jest tiksotropia, którą wykazuje wiele farszów wędlin drobno rozdrobnionych.

Sens fizyczny omawianych parametrów jest związany z zachowaniem farszów w czasie rozdrabniania oraz transportu w rurach wywołanego przez pompy. Wysoka wartość granicy płynięcia  $\tau_0$  powoduje, że trzeba użyć większej siły w celu uruchomienia przepływu cieczy lepko-plastycznej. Z kolei parametr  $K$  koresponduje z lepkością pozorną, tzn. im wyższa wartość  $K$ , lepkość w całym zakresie szybkości ścinania jest wyższa. W homogenatach mięśniowych (bez dodatku tłuszczu) wykazujących cechy nieniutonowskie wzrost udziału wody powoduje nieliniowe obniżenie lepkości pozornej oraz granicy plastyczności (wartości  $\tau_0$ ). Wprowadzenie NaCl do homogenatów w ilości od 1 do 5–6% powoduje przyrost wartości wspomnianych parametrów, związany ze wzrostem lepkości fazy ciekłej w wyniku wzrostu ilości aktomiozyny wyekstrahowanej z miofibryli, jak również ze zwiększonym stopniem pęcznienia miofibryli. Układy zawierające napęczniałe pod wpływem wzrostu siły jonowe struktury tkanki mięśniowej charakteryzuje większa wartość tarcia wewnętrznego, co powoduje zwiększenie naprężenia koniecznego do wywołania płynięcia. Właściwości reologiczne homogenatów zależą od kwasowości czynnej. Wartości parametrów radykalnie obniżają się przy obniżeniu pH do wartości poniżej 5,5, co jest związane z osiągnięciem punktu izoelektrycznego głównych białek miofibrylarnych (szczególnie miozyny). Wpływ temperatury na homogenaty w przedziale temperatur od 10 do 30°C jest nieznaczny. Istotny jest natomiast wpływ na układy zawierające dodatek tłuszczu (do 50%), szczególnie przy dodatku wody poniżej 50% (w stosunku do masy mięsa). W tym wypadku przy wzroście temperatury z poziomu 15–20°C do 30°C w układach

o wysokim poziomie tłuszczu występuje radykalne obniżenie wartości parametrów reologicznych, związane z osiągnięciem punktu topnienia fazy tłuszczowej i zmianami stopnia agregacji kroplek tłuszczu [23].

Gorbatowa A.V. i Gorbatow V.M. [13] opracowali teorię kutrowania, wyróżniając dwie fazy. W pierwszej, w czasie rozdrabniania tkanki mięśniowej, rośnie całkowita powierzchnia faz i woda wolna zostaje związana powierzchniowo. Koniec procesu jest charakteryzowany przez osiągnięcie maksymalnych wartości cech plastycznych i lepkich układów i koresponduje z klasycznym stopniem związania wody (minimalnym wyciekaniem) oraz uzyskiwaniem korzystnej jakości produktu finalnego. W drugiej fazie następuje aercja, emulgowanie tłuszczu, przyrost temperatury. Faktura farszu staje się „włóknista”. Te zmiany osłabiają interakcje pomiędzy elementami farszu, pogarszając jego strukturę. Cytowani autorzy podali wzór na tzw. optymalny czas kutrowania, obejmujący szereg wyróżników takich jak ilość noży kutra, szybkość obrotu wału nożowego oraz misy etc. Nie wykazali natomiast związku pomiędzy stabilnością produktu finalnego a charakterystykami reologicznymi przy różnych wartościach naprężenia, badanymi podczas przepływu przez rury i dysze. Oznacza to, że badanie przepływów konieczne w projektowaniu urządzeń przetwórczych nie jest przydatne do oceny jakości produktów finalnych. Przyczyną jest całkowita zmiana charakterystyk reologicznych farszów po obróbce termicznej z lepkich na lepko-sprężyste.

Wpływ zwiększania udziału wody i tłuszczu w farszach wędlin drobno rozdrobnionych na cechy reologiczne jest różny – wzrost ilości wody powoduje efekt rozcieńczenia układu. Jeśli dodano więcej niż 60% wody do surowca mięsno-tłuszczowego w warunkach stałej siły jonowej (3% NaCl), następowało gwałtowne obniżenie lepkości pozornej farszu obserwowane w mniejszym nasileniu przy 40% dodatku wody. W 20°C i przy 40% dodatku wody ze wzrostem udziału tłuszczu następuje spadek lepkości pozornej układu, rosną również cechy plastyczne (o których decyduje tłuszcz). Natomiast w układach zawierających 48% dodanej wody lepkość pozorna w 20°C jest niezależna od dodanego tłuszczu – kompensuje się efekt uplastycznienia i rozrzedzenia farszu. Ze zwiększeniem stosunku udziału tłuszczu do białka, szczególnie powyżej wartości 2, następuje spadek wartości indeksu konsystencji K. Znaczący to, że lepkość się obniża, a podwyższa wartość współczynnika charakteryzującego przepływ –  $n$  (zwiększa się odchylenie od prawa Newtona), co sprzyja niestabilności układu.

Aktualnie kutrowanie jest prowadzone w niskich temperaturach maksymalnie do 10°C po zakończeniu procesu i tylko zależności teoretyczne cech reologicznych oznaczone w przedziale temperatur od 0 do 10°C są istotne dla praktyki. Payne i Rizvi [21] wykazali, że lepkość pozorna i granica plastyczności farszów spadają ze wzrostem dodanej ilości wody w przedziale do 30%, ale rosną jednocześnie ze zwiększeniem dodatku tłuszczu od 5 do 25% przy stałej zawartości wody. W farszach wytworzonych na bazie mięsa drobiu odkostnionego mechanicznie i zawartości białka 11–12% oraz tłuszczu 16–21% optymalny czas kutrowania przy prowadzeniu procesu w 5°C wynosił 10 minut.

Generalnie charakterystyki farszów są zależne w większej mierze od temperatury niż od czasu kutrowania. W niskich temperaturach (5–10°C) aktualnie stosowanych w kutrowaniu zmienność charakterystyk w czasie jest mała. Jak podano, nie występuje prosta korelacja pomiędzy parametrami opisującymi przepływ farszów wędlin drobno rozdrobnionych a jakością i stabilnością finalnego produktu. Występują natomiast ściśle

związki pomiędzy teksturą finalnych żelowanych produktów mięsnych ocenianą sensorycznie a pomiarami instrumentalnymi.

W ujęciu ilościowym produkty drobno rozdrobnione zawierają od 15 do 30–35% tłuszczu stabilizowanego przez białka mięśniowe oraz dodane (roślinne, kolagenowe, krwi i inne) w ilości łącznej nie wyższej niż 10%. Frakcja białkowa jest również odpowiedzialna za utrzymanie wody własnej i dodanej, której ilość w produkcie kształtuje się na poziomie powyżej 60%. Istnieją dwie zasadnicze koncepcje mechanizmu tworzenia struktury farszów drobno rozdrobnionych. Pierwsza ma związek ze stabilizowaniem kuleczek tłuszczowych przez otoczkę białkową (film) tworzoną dzięki rozpuszczonym białkom miofibrylarnym posiadającym część hydrofilną i hydrofobową oraz obniżającym napięcie powierzchniowe na granicy faz. Druga z teorii wskazuje na fizyczny mechanizm utrzymywania kuleczek tłuszczowych w napęczniałej matrycy białkowej, co uniemożliwia koalescencję. Wydaje się, że oba mechanizmy są prawdopodobne i zależą m.in. od siły jonowej w matrycy farszu. Przy wyższych stężeniach soli obserwuje się większe pokrycie cząstek tłuszczu warstwą białek rozpuszczonych, przy stężeniach soli farszu poniżej 2% wzrasta znaczenie ulokowania cząstek tłuszczu w matrycy. W czasie obróbki termicznej następują zmiany charakterystyki reologicznej farszów i w tym ich tekstury. Cechy produktu finalnego ujawniają się po utrwaleniu w wyniku obróbki termicznej. Tłuszcz drobiowy upłynnia się pomiędzy 13 a 33°C, wieprzowy od ok. 30°C. W temperaturach 40–50°C rozpoczyna się proces żelowania białek miofibrylarnych, w tym miozyny przy ok. 50°C, powyżej 50–60°C następuje termohydroлиза kolagenu. Zmiany te prowadzą do denaturacji utrwalonych struktur zarówno filmu białkowego na granicy faz, jak i całej fazy ciągłej matrycy białkowej, które stabilizują układ w trakcie żelowania [25].

Produkty restrukturowane, kielbasy, nugetty, analogi charakteryzują się określoną teksturą, tj. cechami mechanicznymi identyfikowanymi głównie z cechą twardości oraz związania (kohezji). Z sensorycznymi cechami tekstury dobrze korelują metody instrumentalne o dużym stopniu deformacji prób. Dwie zasadnicze metody testowania to osiowe ściskanie prób cylindrycznych oraz test skręcania. Farouk i in. [11] wykazali, że naprężenie niszczące strukturę wędlin drobno rozdrobnionych rośnie ze wzrostem zawartości tłuszczu z 5 do 30%, zwiększa się wówczas również wydajność po obróbce termicznej, a także soczystość.

Farsz, który wykazuje właściwości cieczy nieniutonowskiej, pseudoplastycznej i tiksotropowej oraz ciała plastycznego, po nadziewaniu w osłonki zostaje poddany obróbce termicznej, w czasie której zachodzi denaturacja i koagulacja białek mięśniowych prowadząca do kształtowania finalnej tekstury, smakowitości, w tym zapachu, utrwalenia barwy i zapewniania bezpieczeństwa mikrobiologicznego. Najbardziej istotną przemianą dla tekstury finalnego produktu jest transformacja zolu białek, wyekstrahowanych z tkanki mięśniowej i napęczniałych struktur takich jak miofibryle czy włókna mięśniowe – do żelu tworzącego się po wychłodzeniu finalnego produktu. Żelowany finalny produkt wykazuje typowe cechy lepko-sprężyste oraz plastyczne, a jego cechy mechaniczne są oceniane metodami charakterystycznymi dla tego typu ciał, takimi jak test relaksacji naprężeń lub pełzania, dynamicznego ściskania albo sprężystości żelu (penetrometryczna metoda dynamiczna). W metodach dynamicznych stosowana jest sinusoidalna zmiana naprężeń o małej amplitudzie, pozwalająca określić wartość modułu zachowawczego  $G^*$  (sprężystości) wskazującego na natężenie cech sprężystych żeli oraz modułu stratności ( $G''$ ) będącego miarą rozproszenia energii i wskazującego na natężenie cech lepkich żelu. Procesy

żelowania rozpoczynają się w farszu wędlin drobno rozdrobnionych po fazie topnienia surowca tłuszczowego (30–35°C) w temperaturach ok. 45°C, a przy 55°C obserwuje się widoczny wzrost sztywności matrycy białkowej związany z denaturacją miozyny. Powoduje to istotny przyrost modułu sprężystości, tym bardziej że w temperaturach od 55 do 63°C następuje koagulacja białek sarkoplazmatycznych oraz przebiega proces upływniania kolagenu i jego denaturacji, a także przekształcania się w żelatynę. Jeżeli matryca białkowa tworzona przez zdenaturowane białka miofibrylarne jest już mocna, to wówczas w temperaturach ok. 63°C nie następuje osłabienie struktury żelu, co powoduje lokalne lub trwałe obniżenie modułu sprężystości [9]. Zjawisko to ma miejsce, jeżeli np. farsz cechuje się niską zawartością soli (ok. 1,5%). Inną przyczyną osłabienia struktury żelu w temperaturach ok. 60°C może być tzw. zjawisko *modori* anormalnego żelowania białek miofibrylarnych związanego z przekształceniami wiązań sieciujących. Zasięg tego zjawiska w białkach drobiu jest nieznaczny, a duży w białkach mięśni ryb. Generalnie, w trakcie obróbki termicznej w przedziale od 70 do 75°C obserwuje się nawet 12-krotny przyrost wartości modułów sprężystości. Wzrost udziału tłuszczu w drobno rozdrobnionych wędlinach drobiowych prowadzi do obniżenia modułu sprężystości przy niskiej zawartości NaCl (ok. 1,5%); przy wysokiej ilości dodanej soli (2,5% NaCl) odnotowano zależność odwrotną. Pogorszenie cech sprężystych wędlin w temperaturach powyżej 60°C wytwarzanych przy niskiej sile jonowej zanika, jeśli stosuje się 0,5% dodatek polifosforanów [19].

### 14.3. Mięso drobiowe odkostnione mechanicznie (MOM) jako surowiec do przetwórstwa

W przemyśle drobiarskim, po wykrawaniu najcenniejszych partii mięśni z tuszek, pozostaje znaczna masa kości mostka i grzbietu, tzw. korpusy oraz nóg wraz z fragmentami tkanki mięśniowej, łącznej i tłuszczu, które są poddawane procesowi mechanicznego odkostnienia. Mięso odkostnione mechanicznie (MOM) jest mieszaniną tkanek o konsystencji pasty zawierającą odłamki i szpik kostny, a tym samym znaczne ilości metali ciężkich i barwników hemowych, które warunkują intensywną czerwoną barwę tego produktu, odbiegającą zasadniczo od typowej barwy mięsa. Już od lat 60. przemysł drobiarski powszechnie stosuje mechaniczne odkostnianie, w wyniku którego uzyskuje się (MOM) i śrut kostny. Obie te frakcje mają ograniczone możliwości zastosowania. Śrut kostny jest surowcem do produkcji żywności dla zwierząt, natomiast MOM stanowi niskiej wartości surowiec mięsny do produkcji nietrwałych, tanich kiełbas lub konserw.

Pierwsze urządzenia wykorzystywane do odkostniania drobiu to separatory Paoli; w nich to rozdrobnione w specjalnym wilku kości były przesuwane do cylindrycznego separatora z mikrobrzdami umożliwiającymi wydzielenie mięsa [8]. W dalszej kolejności stosowano separatory, w których ślimaki obracające się wewnątrz cylindra z otworami o średnicy ok. 0,5 mm przepychały mięso na zewnątrz (rys. 14.13).

W przypadku mięsa drobiu elementy z kością są często wstępnie rozdrobnione przez siatkę o otworach 1,3–3 cm, zanim zostaną wyciskane przez głowicę sitową. Innym rodzajem urządzeń są odkostniarki, w których następuje ściskanie surowca z wykorzystaniem hydraulicznie napędzanego tłoka i przeciskanie masy przez rowkowaną lub szczelinową powierzchnię w formie cylindra. Coraz powszechniej stosowane w przemyśle drobiarskim są odkostniarki tłokowe, w których kości z mięsem umieszczone w cylindrze są prasowane



tłokiem. Pierwsza frakcja mięsa usuwana jest przez odpowiednie sito przy mniejszym stopniu sprężania i stanowi ją MOM o wyższej jakości. Przy wyższym stopniu sprężania uzyskuje się masę o gorszej jakości (frakcja druga). Wydajność MOM jest zależna od rodzaju surowca poddawanego odkostnianiu (tuszki, korpusy, kości nóg po trybowaniu mięsa, grzbiety, szyje) i waha się w granicach od 50 do 80%.



Rys. 14.13. Odkostniarka

Separator miękki jest szczególnym przypadkiem urządzenia do oddzielania mięsa od kości. Jest on wyposażony w element sitowy (cylindryczny) oraz pas dociskowy. Obrabiany element, np. podudzie indycze, wprowadzany zostaje pomiędzy taśmę dociskową a zewnętrzną powierzchnię bębna, natomiast produkt jest odbierany z wewnętrznej strefy. W procesie nie następuje zniszczenie kości i uwalnianie szpiku do oddzielonego mięsa, które jest uznawane za wartościowy surowiec do produkcji wędlin.

Skład chemiczny MOM różni się zasadniczo od składu mięsa drobiu odkostnionego ręcznie, głównie ze względu na zwiększony udział lipidów, zawartość drobnych cząstek kostnych oraz szpiku kostnego. Zasadnicze znaczenie dla składu MOM ma gatunek drobiu – masa mięsna uzyskana z tuszek i elementów drobiu wodnego (określana skrótem MOMW) charakteryzuje się nawet dwukrotnie wyższą zawartością tłuszczu niż z drobiu grzebiącego (MOMG).

Generalnie, MOM uzyskane z korpusów drobiu charakteryzuje się zawartością białka w przedziale 14–18%, przy minimalnym normatywnym poziomie 12% dla MOMG i 10% dla MOMW [22] – niższa zawartość białka dotyczy głównie masy uzyskanej z wydajnością powyżej 70%. Poziom tłuszczu zależy w dużym stopniu od rodzaju odkostnianych elementów. W przypadku oddzielania mięsa z korpusów indyckich poziom ten jest niski, rzędu 10–15%; w wyniku odkostniania korpusów lub elementów drobiu wodnego ze skórą wynosi nawet do 40% (najwyższa normatywna wartość dla tego rodzaju mięsa). Wartość żywieniowa mięsa odkostnionego nie jest wysoka, gdyż charakteryzuje ją wysoki udział tkanki łącznej (hydroksyprolina na poziomie ok. 0,5%), tym niemniej udział amino-

kwasów egzogennych siarkowych i lizyny jest zbliżony do składu mięśnia piersiowego indyka, szczególnie dla MOM o wysokiej zawartości białka. Skład kwasów tłuszczowych lipidów mięsa drobiu oddzielonego mechanicznie nie odbiega zasadniczo od składu kwasów mięsa oddzielonego ręcznie pomimo wysokiego udziału szpiku kostnego w MOM, rzędu 20%. Natomiast obecność szpiku przyczynia się do relatywnie wysokiego poziomu pH mięsa oddzielonego mechanicznie. Zasadniczym czynnikiem decydującym o jakości MOM jest zawartość cząstek kostnych, określana w ustawodawstwie wielu krajów poprzez oznaczenie udziału wapnia w suchej substancji (np. dopuszczalna wartość normatywna wynosiła w Polsce – 1,25%) lub wprost jako masa odłamków (poniżej 1% w USA). W niektórych krajach normalizuje się wielkość cząstek kostnych zawartych w MOM, w USA nie mogą one przekraczać rozmiaru 0,85 mm [26]. MOM charakteryzuje się wysoką zawartością żelaza (do 18 mg/kg), co jest spowodowane wysokim poziomem hemu w szpiku kostnym, w związku z tym ilość żelaza związanego (głównie jako hemoglobina) jest nawet dwukrotnie wyższa (do 5 mg/g) niż w mięsie po odkostnieniu ręcznym. Mięso odzyskane mechanicznie posiada dwukrotnie większą zawartość cholesterolu [17] sięgającą do 150 mg/100 g, szczególnie wówczas gdy odkostniane były elementy drobiu ze skórą, oraz jak podano wyżej, wyższą zawartość tłuszczu w porównaniu do mięsa wykrawanego ręcznie. Z uwagi na wysoką zawartość wspomnianych barwników hemowych i metali ciężkich oraz dużą zawartość nienasyconych lipidów jest ono podatne na procesy utleniania prowadzące do powstawania szkodliwych dla zdrowia produktów oksydacji.

Należy podkreślić, że stan mikrobiologiczny MOM zawsze jest znacznie gorszy w porównaniu z mięsem wykrawanym ręcznie. Nie zapobiega temu stosowanie zastrzonych procedur postępowania z surowcem przeznaczonym do odkostniania. Surowiec (elementy tuszek po rozbiórce) do produkcji MOM może być przechowywany najwyżej przez 48 godz. w temp. od -20 do 0°C.

Uważa się, że poziom zakażenia MOM nie powinien przekraczać rzędu  $10^5$ – $10^6$  liczby bakterii mezofilnych w 1 g przy zachowaniu wysokich standardów higieny w produkcji. Z tego względu przepisy dotyczące reżimów sanitarnych w produkcji i przechowywaniu mięsa odkostnionego są ostrzejsze niż w przypadku mięsa odkostnionego ręcznie. Po odkostnieniu MOM powinno być wykorzystane bezpośrednio do produkcji lub można je przechowywać chłodniczo najwyżej przez 24 godz. w temp. nie przekraczającej 2°C albo też może być zamrożone do -18°C w ciągu 6 godz. (MOM przeznaczony do zamrażania nie może być wytwarzany z surowca zamrożonego) [24]. Właściwości technologiczne MOM ulegają istotnemu pogorszeniu w czasie zamrażalniczego przechowywania, które nie eliminuje procesów oksydacyjnych. Po obróbce termicznej wyroby z udziałem MOM lub z niego wyprodukowane wykazują często nieprzyjemny zapach i smak, tzw. warmed over flavour (WOF). Dlatego też, jeśli konieczne jest zamrażalnicze przechowywanie, zaleca się czas jego trwania ograniczać do 8 tygodni w temperaturach nie wyższych niż -18°C [17, 18, 20].

### 14.3.1. Właściwości funkcjonalne MOM

Inną istotną wadą MOM jest jego wysoce rozdrobniona struktura z dużym udziałem, obok tłuszczu, fragmentów łącznotkankowych i kostnych, co rzutuje na jego niską wartość technologiczną. Dlatego też MOM powinno być wykorzystywane w przetwórstwie tylko w ograniczonych ilościach, regulowanych odpowiednimi przepisami prawa żywnościowego.

Normatywy stosowania MOM z drobiu są liberalne w wielu krajach (w porównaniu do MOM z elementów dużych zwierząt rzeźnych), a jedynym czynnikiem ograniczającym nadmierne stosowanie MOM jest spełnienie przez ten surowiec wymagań dotyczących podstawowego składu chemicznego oraz zawartości niektórych szkodliwych dla zdrowia metali ciężkich [12].

Zdolność wiązania i utrzymywania wody MOM jest często niższa niż mięsa odkostnionego ręcznie, co wynika z jednej strony z niższego udziału białek (szczególnie miofibrylarnych), ich częściowej denaturacji, a także wysokiego udziału kolagenu. Uważa się, że jeśli poziom kolagenu przekracza 15% białek ogółem, to zdolność utrzymania wody po obróbce termicznej (WHC) się obniża. Ten poziom kolagenu jest jednak rzadko przekraczany w przypadku odkostnionego mięsa drobiowego. Dlatego często przy stosowaniu wysokiej jakości MOM, tj. o niskiej zawartości lipidów i kolagenu, oraz przy niskim dodatku MOM do produktu obserwuje się poprawę WHC w wędlinach drobno rozdrobnionych.

Zdolność emulgowania (EC) mięsa oddzielonego mechanicznie jest zależna od udziału szpiku kostnego, co z jednej strony powoduje obniżenie EC ze względu na obniżenie zawartości miozyny, jednak z drugiej – podniesienie wartości pH wpływa na zwiększenie ekstraktywności białek i rzutuje na wzrost wartości tzw. współczynników wiązania (iloczyn EC i białek rozpuszczalnych).

Biorąc pod uwagę dość korzystne właściwości technologiczne MOM i zagrożenie związane z nadmiernym jego stosowaniem w zakresie zmian składu chemicznego przetworów, w niektórych krajach ustalono maksymalny poziom stosowania MOM w określonych rodzajach żywności. Unika się wykorzystania MOM w żywności dla dzieci do lat 3, a graniczny jego poziom powinien wynosić 20% (m.in. ze względu na zwiększony poziom fluoru) [8]. Przy stosowaniu wyższych ilości MOM w recepturach należy uwzględnić również zwiększony udział związków fosforowych.

Jedną z możliwości poprawy jakości MOM jest izolacja białek miofibrylarnych połączona z usunięciem nadmiaru barwników hemowych i tłuszczu, nawiązująca do technologii surimi z ryb. W pierwszej fazie prac badawczych główny wysiłek skierowano na próbę odbarwienia MOM, stosując do przemywania buforę węglanową, fosforanową, octanową oraz roztwory NaCl lub wodę. Maksymalnie obniżono udział barwy czerwonej o 74–82%, co wymagało jednak zastosowania czterostopniowej ekstrakcji przy użyciu 8 dm<sup>3</sup> wody (wyżej wymienionych roztworów) na 1 kg MOM [10].

Problem redukcji zawartości tłuszczu w MOM ma zasadnicze znaczenie w uszlachetnieniu tego surowca. W warunkach laboratoryjnych uzyskiwano obniżenie zawartości tłuszczu do 95% jego wyjściowej ilości, jeszcze większą redukcję – nawet 99% – obserwowano w doświadczeniach prowadzonych na skalę półtechniczną. Optymalizacja warunków ekstrakcji była również przeprowadzona w oparciu o masową wydajność izolatu białek miofibrylarnych. W wielu badaniach wykonanych dla MOM z drobiu uzyskiwano wydajność masową izolatu od 35 do 70% w stosunku do surowca przy zawartości białka ogólnego w uzyskanym izolacie od 11 do 15% [26].

Sporo uwagi poświęcono technologii uszlachetniania MOM w Polsce, co doprowadziło do opracowania rozwiązań przemysłowych. Proces rozdziału oparto o wykorzystanie dwóch wirówek, tj. dekantera wirówki poziomej i wirówki pionowej – separatora. Pierwsza służy do oddzielenia frakcji kostno-ścięgnistej, druga – do wydzielenia izolatu białek miofibrylarnych. Odzysk białek we frakcji izolatu wynosił ok. 40% po dwukrotnej ekstrakcji,

a zawartość tłuszczu osiągnęła niski poziom ok. 0,1%. Izolat białek miofibrylarnych charakteryzuje się również niską zawartością kolagenu, tj. ok. 0,13% – co odpowiada ok. 4-krotnej redukcji w stosunku do MOM [20].

Izolat, produkowany na całkowicie zamkniętej ze względów mikrobiologicznych i zautomatyzowanej linii technologicznej, musi być poddany procesowi peklowania i najpóźniej w ciągu 24 godz. powinien być wprowadzony do cyklu produkcji wyrobów typu szynka czy polędwica. Stwierdzono, że można zastąpić do 20% mięsa piersiowego drobiu izolatem białka miofibrylarnego w przetworach masowanych typu szynka lub polędwica bez zmiany wydajności i jakości produktu, wtedy gdy zawartość białka w izolacie była wyższa niż 8% [20]. Jeśli izolat nie jest wykorzystywany bezpośrednio po pozyskaniu, musi być zamrażany i może być przechowywany w temp.  $-18^{\circ}\text{C}$  do 7 dni (jeżeli nie stosuje się substancji kriochronnych – forma rezerwy produkcyjnej) lub do 6 miesięcy w przypadku stosowania krioprotektantów. Jako substancje ochronne z powodzeniem zastosowano następujące dodatki: 2,5% karagenu, 0,5% polifosforanów, 4% skrobi ziemniaczanej [18, 20].

## 14.4. Streszczenie

W rozdziale przedstawiono podstawy operacji jednostkowych stosowanych w przetwórstwie mięsa drobiu z uwzględnieniem rozdrabniania, peklowania (masowania), nadziewania przetworów w osłonki oraz obróbki termicznej (wędzenia i parzenia). Główną uwagę skupiono na rozwiązaniach nowoczesnych urządzeń łączących kilka funkcji i operacji w jedną lub umożliwiających prowadzenie procesów ciągłych w przetwórstwie. Omówiono podstawy działania urządzeń do produkcji żywności wygodnej. W rozdziale przedstawiono krótką charakterystykę reologiczną farszów wędlin rozdrobnionych oraz ich przekształcenie po obróbce termicznej w kielbasy o żelowanej strukturze. Podrozdział 3 poświęcono metodom oraz charakterystyce mechanicznego oddzielenia mięsa od kości, a także właściwościom uzyskanego, nietrwałego półproduktu, jakim jest mięso odkostnione mechanicznie (MOM).

## Piśmiennictwo

- [1] Anonim: 2000. Masownica – urządzenie uniwersalne. *Mięso i Wędliny*, 2, 28–30.
- [2] Anonim: 2000. Procesy zachodzące podczas kutrowania. *Mięso i Wędliny*, 2, 54–56.
- [3] Anonim: 2000. Tendencje w konstrukcji wilków. *Mięso i Wędliny*, 3, 48–51.
- [4] Anonim: 2002. Wędzenie – coraz pewniejsze i bardziej rentowne. *Mięso i Wędliny*, 7, 30–31.
- [5] Anonim: 2003. Materiały firmy Convenience Food Systems CFS. The Netherlands.
- [6] Anonim: 2003. Materiały firmy Cozzini Inc. Chicago. Il.
- [7] Anonim: 2003. Materiały firmy Fomaco – Food Machinery Company Denmark.
- [8] Barbut S.: 2002. *Poultry products processing*. CRC Press. Boca Raton.
- [9] Correia L.E., Mittal G.S.: 1992. Viscoelastic properties of meat emulsions, [w:] *Viscoelastic properties of foods*. Eds. Rao M.A., Steffe J.F. Elsevier. London. 185–204.
- [10] Dawson P.L., Sheldon B.W., Ball H.R.: 1988. Extraction of lipid and pigment components from mechanically deboned chicken meat. *J. Food Sci.*, 53, 1615–1617.
- [11] Farouk M.M., Hall W.K., Harrison M., Swan J.E.: 1999. Instrumental and sensory measurement of beef patty and sausage texture. *J. Muscle Food.*, 10, 17–28.

- [12] Field R. A.: 1983. An update on mechanically separated meat. *Proceed. 36<sup>th</sup> Recip. Meat Conf. AMSA. Forg, North Dakota*, 38–40.
- [13] Gorbатов A.V., Gorbатов V.M.: 1974. Advances in sausage meat rheology. *J. Texture St.*, 4, 406.
- [14] Haack E.: 2004. Trends in der Zerkleinerungsaschmile. *Fleischwirt.*, 84, 26–31.
- [15] Jankiewicz L., Słowiński M.: 1998. *Technologia produkcji wędlin. Część 1. Kielbasy parzone kutrowane*. Pol. Wyd. Fachowe. Warszawa.
- [16] Jankiewicz L., Słowiński M.: 1999. *Technologia produkcji wędlin. Część 2. Wędzonki parzone*. Pol. Wyd. Fachowe. Warszawa.
- [17] Kijowski J., Stangierski J., Pikul J.: 1993. Freezing and frozen storage of myofibrils preparation with cryoprotectants. *Proceed. 11<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality Poultry Meat WPSA. Tours, France*, 308–313.
- [18] Kijowski J.: 1993. *Podstawy technologii przetwórstwa*, [w:] *Praca zbiorowa, Technologia mięsa drobiowego*. Red. Grabowski T., WNT, Warszawa, 276–290.
- [19] Kopeć W., Smolińska T., Trziszka T., Popiel A.K.: 1993. Experimental production of low fat and sodium content sausages from poultry meat. *Proceed. 11<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality Poultry Meat. WPSA. Tours, France. I*, 320–327.
- [20] Kopeć W., Trziszka T., Buško J.: 1994. *Podstawy przemysłowego procesu produkcji izolatu białek miofibrylarnych – „ISOPROM” z mięsa odzyskanego mechanicznie*. *Mat. Konf. Międzynar. „Meat protein isolates”*. AR Wrocław, Eldrob Świebodzin/Przełazy, 25–38.
- [21] Payne N.N., Rizvi S.S.H.: 1988. Rheological behavior of comminuted meat batters. *J. Food Sci.*, 53, 70–73,87.
- [22] Polska Norma.: 1992. *Mięso drobiowe oddzielone mechanicznie. A – 86522*.
- [23] Rizvi S.S.H.: 1981. Rheological properties of comminuted meat systems. *Food Technol.*, 5, 238–243.
- [24] Rozporządzenie WE 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego. *Dz. U. L 139*, 55–205.
- [25] Smyth A.B., O’Neill E., Smith D.M.: 1999. Functional properties of muscle proteins in processed poultry products, [w:] *Poultry meat science*. Eds. Richardson R.I., Mead G.C. CAB International, 377–396.
- [26] Trziszka T., Kopeć W., Buško J.: 1994. *Mięso odzyskane mechanicznie oraz możliwości jego przetwarzania*. *Mat. Konf. Międzynar. „Preparaty białek mięśniowych” – „Meat protein isolates”*. AR Wrocław, Eldrob Świebodzin/Przełazy, 9–17.
- [27] Wahl.: 1995. *Ausgezeichnete Deutsche Wurstrezepte*. Holzman Buchverlag.
- [28] Wietrzykowska E.: 2004. *Informacja ustna. Convenience Food Systems CFS Poland*.
- [29] [www.vemag-anlagenbau.de](http://www.vemag-anlagenbau.de)
- [30] [www.lambda-pi.com](http://www.lambda-pi.com)



# 15.

## NOWOCZESNE TECHNOLOGIE PRODUKCJI WĘDLIN I PRZETWORÓW DROBIOWYCH

*Wiesław Kopeć, Jarosław Buśko*

Surowcami do produkcji wędlin drobiowych są mięśnie piersiowe drobiu grzebiącego i wodnego po wykrawaniu ręcznym lub mechanicznym, ze skórą lub bez skóry (filet), mięso trybowane z nóg i podudzi ze skórą i bez skóry, mięso usunięte z podudzi szczególnie indyjskich przy użyciu separatorów miękkich taśmowych, mięso drobne pochodzące z grzbietów i skrzydeł, mostków (m.in. z rozbioru kur po produkcji nieśnej) oraz elementy tuszek drobiowych, schłodzone lub zamrożone, przeznaczone do obróbki termicznej i oddzielenia mięsa na wędliny podrobowe, skórki (skóry) drobiowe, podroby drobiowe i mięso drobiowe oddzielone mechanicznie (MOM). Orientacyjny skład chemiczny mięśni i skóry drobiu grzebiącego w największym stopniu wykorzystywanych w przetwórstwie podano w tabeli 15.1.

Tabela 15.1

Skład chemiczny mięsa drobiu przeznaczonego do przetwórstwa [34, 40]

	Mięso piersiowe	Mięso nóg	Skóra drobiowa
	Zawartość białka		
Kurczęta	21,6	18,1	12
Indyki	23	21	
Zawartość tłuszczu			
Kurczęta	1,5	6,3	56
Indyki	1,2	5	

Podobnie jak mięso dużych zwierząt rzeźnych o małej zawartości tłuszczu mięso drobiu charakteryzuje się zawartością białka powyżej 20% w mięśniach piersiowych i blisko 20% w mięśniach nóg. Niska zawartość tłuszczu szczególnie w mięśni piersiowym pozwala na wytwarzanie produktów dietetycznych, jeśli są one produkowane wyłącznie z tego surowca [17, 34, 40]. Rozpowszechniona jest produkcja przetworów z użyciem

mięsa różnych gatunków zwierząt, wówczas w celu klasyfikowania wyrobów jako drobiowych konieczny jest ponad 50% udział surowców drobiarskich w zestawie recepturowym.

Surowiec tłuszczowy ze względu na niski wskaźnik uzysku tłuszczów drobiowych oraz ich ograniczoną przydatność do wytwarzania niektórych rodzajów przetworów w związku z niską temperaturą topnienia jest uzupełniany podgardlem, słoniną lub tłuszczem drobnym wieprzowym.

Wyróżnia się następujące **typy wędlin drobiowych** [32, 43]:

- **kielbasy,**
- **wędliny podrobowe,**
- **wędzonki z wydzieloną klasą szynek i polędwic drobiowych.**

## 15.1. Technologie produkcji kielbas i wędlin podrobowych

Kielbasy – to produkty mięsne wytwarzane z peklowanego lub solonego (np. kielbasa biała parzona z kurcząt) rozdrobnionego mięsa drobiu, w tym podrobów, oraz surowca tłuszczowego (najczęściej stanowi go tłuszcz wieprzowy), przypraw, surowców uzupełniających (białka zwierzęce i roślinne oraz węglowodany i hydrokoloidy), a także substancji dodatkowych. Podanie właściwej terminologii przetworów drobiowych jest obecnie utrudnione, gdyż źródłem klasyfikacji były Polskie Normy, aktualnie nieobowiązujące [32, 33]. W tym zakresie podane poniżej klasyfikacje oparte są na tym materiale ponieważ nie opracowano innych aktów prawnych lub normatywnych.

Wyróżnić można następujące rodzaje kielbas drobiowych ze względu na obróbkę termiczną i wędzarniczą:

- wędzone parzone (w osłonkach niestanowiących bariery dla wymiany pary wodnej i gazów: celulozowych, białkowych, tekstylnych);
- parzone (w osłonkach barierowych, najczęściej z tworzywa sztucznego, w tym termokurczliwych 3- lub 5-warstwowych);
- wędzone pieczone.

Kolejnym kryterium podziału jest stopień rozdrobnienia definiowany [32] następująco: w kielbasach drobno rozdrobnionych surowce mięsno-tłuszczowe są rozdrobnione na cząstki o wielkości poniżej 5 mm, kielbasy średnio rozdrobnione to przetwory o cząstkach surowca 5–13 mm, grubo rozdrobnione, powyżej 13 mm.

Ze względu na wydajność produkcyjną wyrażoną stosunkiem masy finalnego przetworu do masy surowców mięsno-tłuszczowych kielbasy są dzielone na:

- nisko wydajne,
- wysoko wydajne.

Z wydajnością wędlin związany jest dalszy podział kielbas na: nietrwałe, półtrwałe, trwałe, wg starych przepisów normatywnych nadal stosowany zwyczajowo w przetwórstwie mięsa dużych zwierząt rzeźnych i drobiu. Trwałość wędlin drobiowych jest oceniana głównie na podstawie wymagań mikrobiologicznych (tab. 15.2).

W przypadku kielbas drobiowych nie jest ustalona żadna normatywna granica wydajności produkcyjnej wyrażonej w stosunku do surowca mięsno-tłuszczowego. Granicę taką może stanowić wartość 135–140%. W przetworach o wydajności powyżej podanego zakresu surowiec mięsny jest zazwyczaj peklowany metodą nastrzykową. W przetworach produkowanych zgodnie z wymaganiami normatywnymi [32] skład recepturowy, a w tym



ilość dodanej wody, wyznaczają minimalne wymagania odnośnie składu chemicznego, w tym zawartości białka.

W grupie kiełbas drobiowych mieszczą się wędliny dojrzewające, ale w Polsce zakres wytwarzania tego typu przetworów jest znikomy. W Stanach Zjednoczonych są produkowane przetwory typu summer sausage, wytwarzane zazwyczaj z mięśni nóg drobiu ze skórą, często jako produkt mieszany z surowcem mięsno-tłuszczowym wieprzowym. Stosowane są starterowe kultury bakterii kwasu mlekowego wprowadzane do produktu o średnim stopniu rozdrobnienia. Czas fermentacji wynosi ok. 2 dni. Po zakwaszeniu uzyskiwanym w wyniku fermentacji dodanych węglowodanów i osiągnięciu pH poniżej 5,0 produkt jest wędzony na zimno i podsuszany. Produkt tego typu osiąga aktywność wody ( $a_w$ ) poniżej 0,9 i jest trwały przez co najmniej kilka tygodni [10].

Tabela 15.2

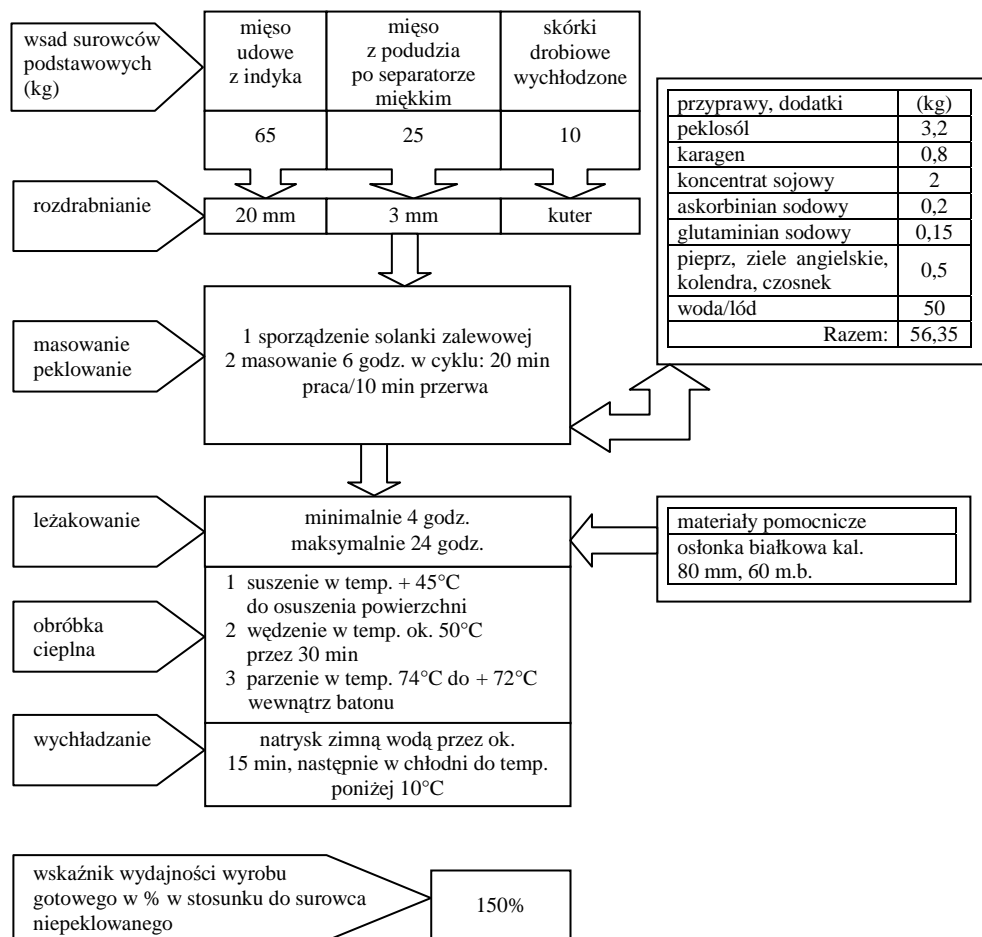
Wymagania mikrobiologiczne dla wędlin drobiowych [32]

Rodzaj bakterii	Wymagania ilościowe
Pałeczki z rodzaju <i>Salmonella</i>	nieobecne w 25 g
Gronkowce chorobotwórcze <i>Staphylococcus aureus</i>	nieobecne w 0,1 g
Pałeczki z grupy <i>coli</i>	nieobecne w 0,01 g
Beztlenowe laseczki przetrwalnikujące	nieobecne w 0,01 g

**Kiełbasy grubo rozdrobnione, wędzone, parzone**, do których należy np. kiełbasa krakowska drobiowa lub szynkowa (rys. 15.1) są wytwarzane z mięśni piersiowych i udowych kurcząt i indyków (rys. 15.2), a proces technologiczny obejmuje zazwyczaj rozdrobnienie przez szarpak lub siatkę 20 mm, peklowanie nastrykowe albo zalewowe, masowanie, nadziewanie, wędzenie w dymie gorącym, parzenie do uzyskania temp. 72°C (ewentualnie po kilku godzinach ponowne wędzenie), dowędzanie, studzenie. Przy produkcji kiełbas grubo rozdrobnionych z mięśni piersiowych kurcząt lub indyków surowiec zazwyczaj jest peklowany nastrykowo i masowany.

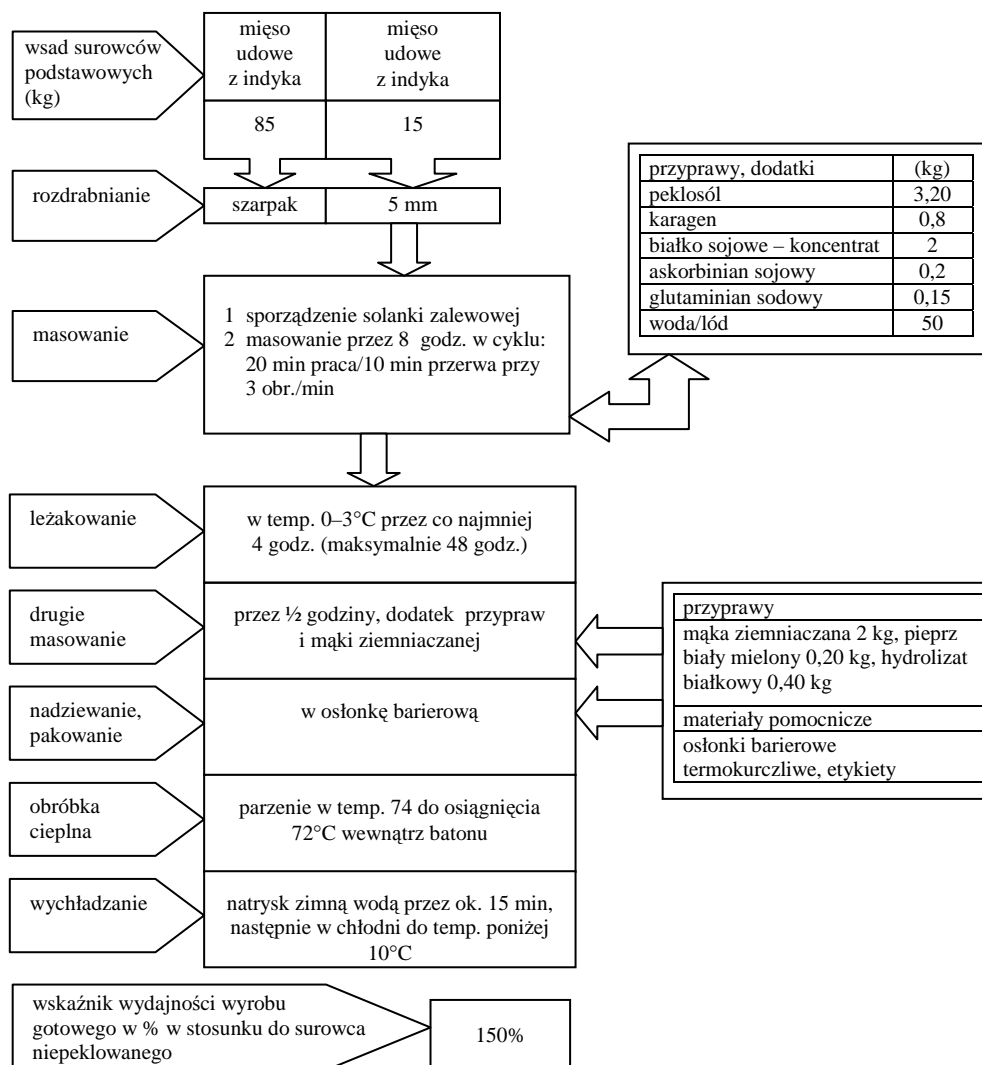
**Kiełbasy o średnim stopniu rozdrobnienia** są produktami o zróżnicowanej wydajności, a często 15–20% ich masy stanowi wykutrowany farsz. Produkty o wydajności finalnej poniżej 135% są mieszane w mieszalnikach próżniowych. Przy zakładanych wydajnościach powyżej 140% mięso jest masowane. W produkcji wędlin średnio rozdrobnionych (oraz drobno rozdrobnionych) można z nowszych technologii wymienić wykorzystanie kutra przelotowego do obróbki farszu wcześniej przygotowanego w mieszalce.

**Kiełbasy drobiowe wędzone i pieczone** są przetworami grubo lub średnio rozdrobnionymi. Obróbka termiczna obejmuje etap pieczenia w komorach wędzarniczoparzelniczych w powietrzu i wędzenie. Typowym przykładem wędliny, której proces technologiczny obejmuje pieczenie, to kabanosy drobiowe wytwarzane z mięsa udowego drobiu i wieprzowego kl. II o rozdrobnieniu od 5 do 8 mm. Ich proces obejmuje wędzenie, a następnie pieczenie w temp. ok. 88–90°C (rys. 15.3).

**KIELBASA SZYMKOWA Z INDYKA**

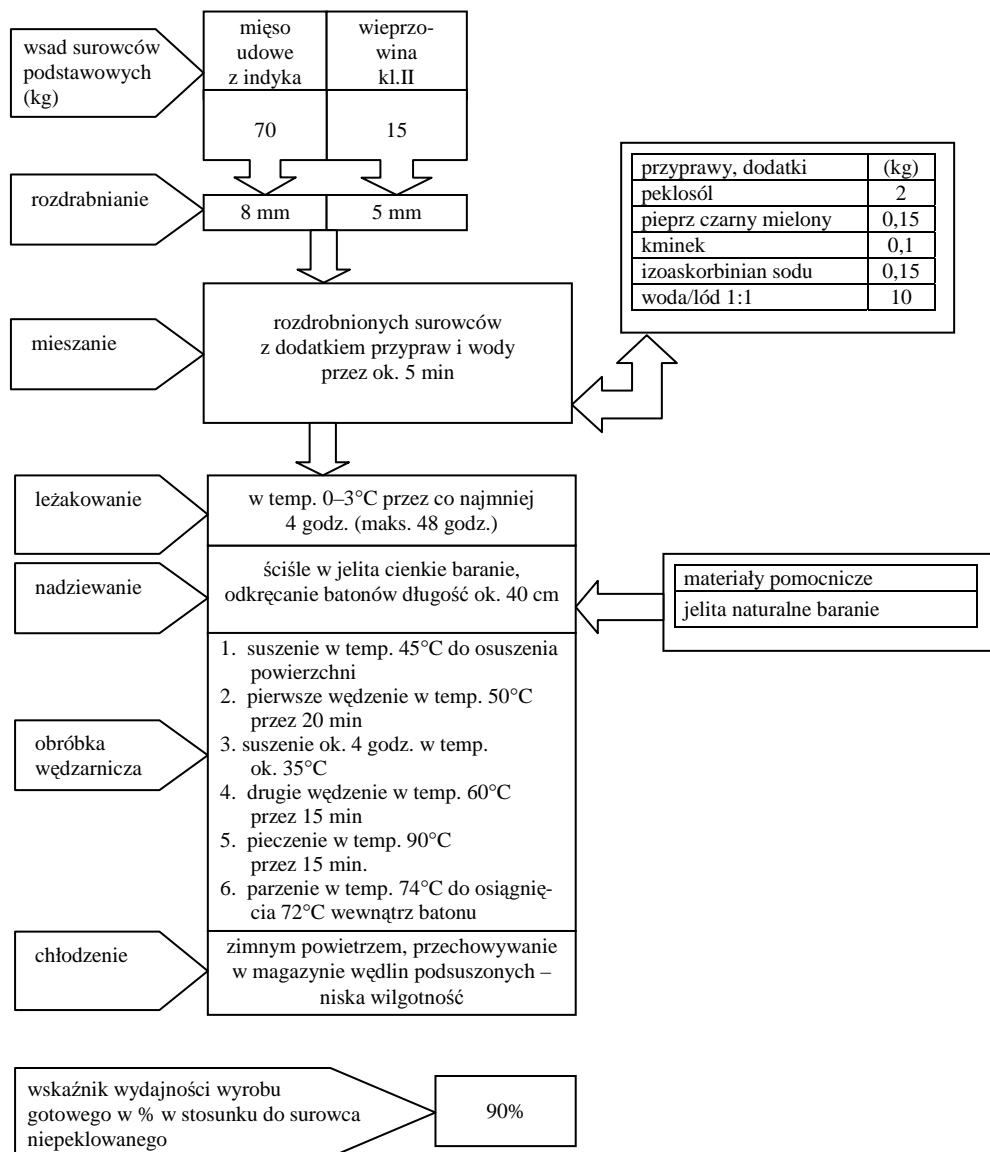
Rys. 15.1. Schemat produkcji wędliny drobiowej grubo rozdrobnionej

**Drobno rozdrobnione kielbasy drobiowe** są przetworami nietrwałymi o normalnym okresie przydatności do spożycia do 3 dni (nie dotyczy to produktów pakowanych np. w próżni lub modyfikowanej atmosferze). Technologia produkcji tych przetworów polega najczęściej na rozdrobnieniu niepeklowanego surowca mięsnego (drobiowego) i tłuszczowego (najczęściej słonina) w wilku przez siatkę 2 lub 3 mm, a następnie standardowym procesie kutrowania. Ostateczną homogenizację farszu można przeprowadzić w kutrze przelotowym. Często jako surowiec mięsny jest stosowane mięso z podudzia, również mięso odzyskane mechanicznie. W tego typu produktach (np. parówki drobiowe – rys. 15.4) stosuje się dużą ilość surowca tłuszczowego (tab. 15.3), co powoduje uzyskanie zawartości tłuszczu w finalnym wyrobie na poziomie do 25%, a także znaczne ilości surowca uzupełniającego skrobiowego (do 4% skrobi w finalnym produkcie).

**BALERON Z INDYKA**

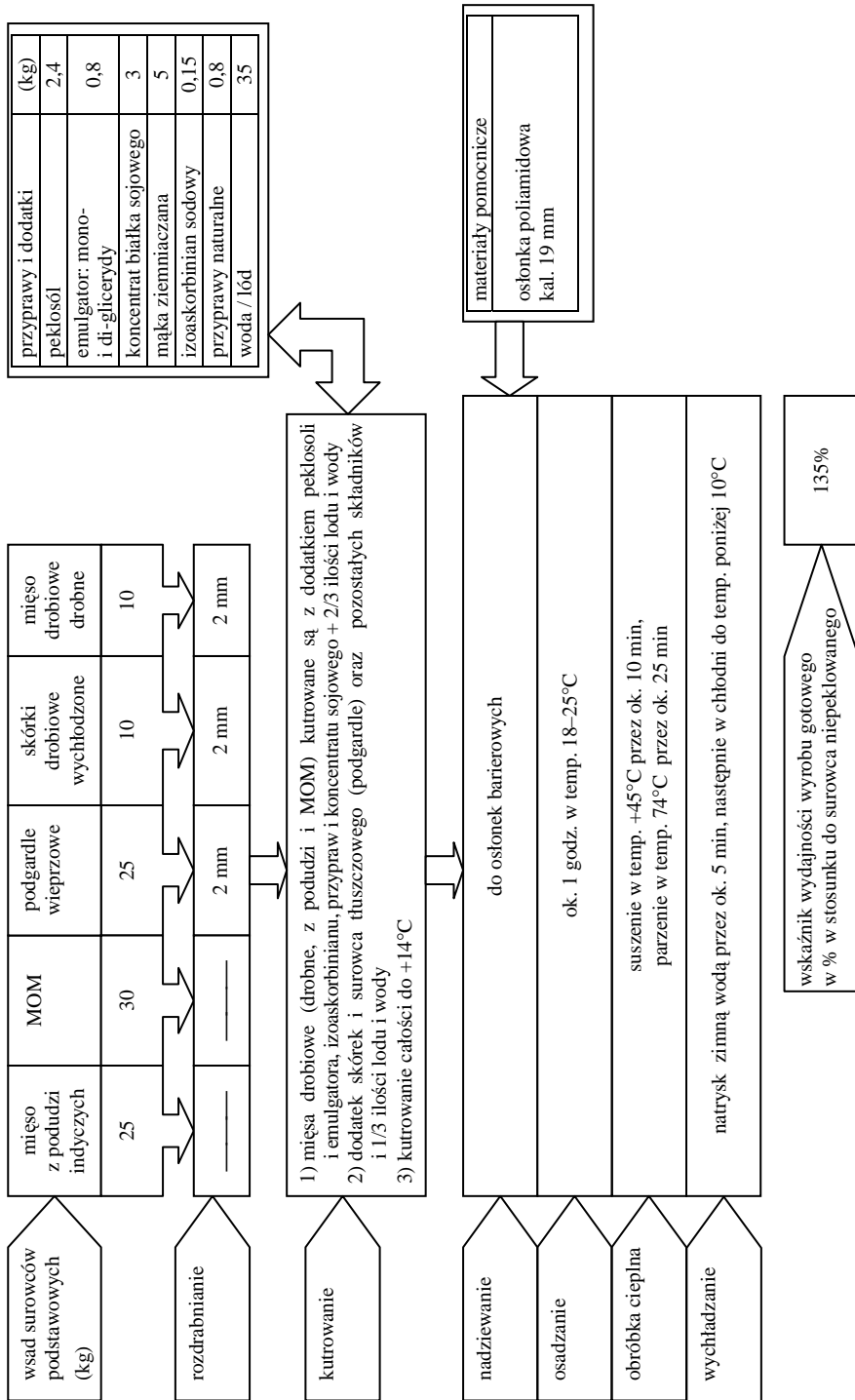
Rys. 15.2. Schemat produkcji wędliny drobiowej grubo rozdrobnionej z mięsa nóg

### KABANOSY Z INDYKA



Rys. 15.3. Schemat produkcji wędliny drobiowej podsuszanej, pieczonej

**PARÓWKI DROBIOWE**



Rys. 15.4. Schemat produkcji wędliny drobiowej drobno rozdrobnionej

Tabela 15.3

Normatywny skład chemiczny przetworów drobiowych [32, 43]

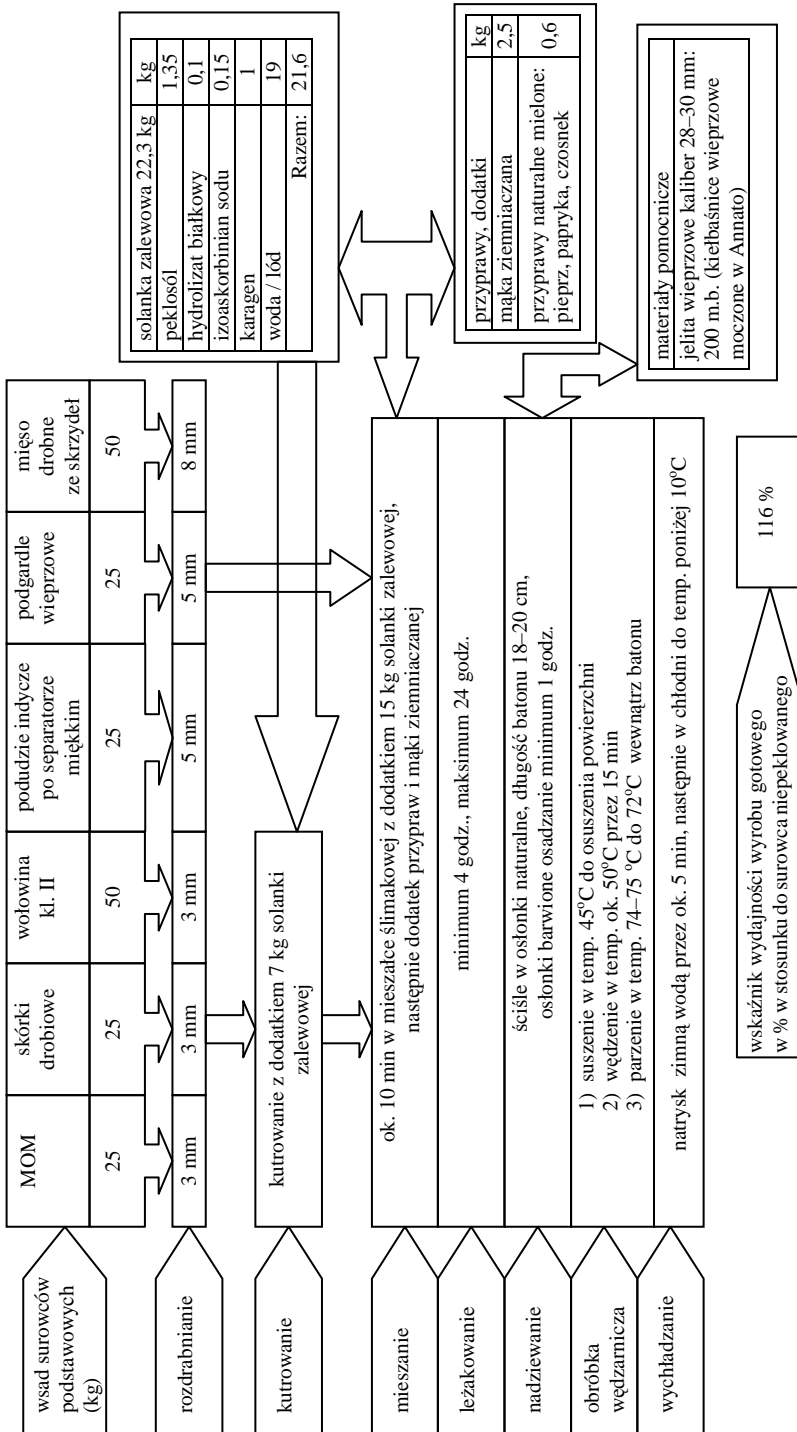
Typ i rodzaj wędliny drobiowej	Minimalna zawartość białka	Tłuszcz	Skrobia	Sól
		Zawartość maksymalna		
Wędzonki drobiowe: z mięsa drobiu grzebiącego	18	10	2	3
z mięsa drobiu wodnego	16	10	2	3,5
Kiełbasy drobiowe wędzone parzone:				
grubo rozdrobnione	16	10	2	2,5
średnio rozdrobnione	11	20	3	2,5
drobno rozdrobnione	9	25	4	2,5
Kiełbasy drobiowe wędzone pieczone	16	20	4	2,5
Kiełbasy drobiowe niewędzone:				
grubo rozdrobnione	16	10	5	2,5
średnio rozdrobnione	11	20	5	2,5
drobno rozdrobnione	9	25	5	2,5
Szynki i połówce drobiowe niewędzone	14	10	2	2,5
Szynki drobiowe wysoko wydajne	13	10	2	3
Wędliny drobiowe podrobowe:				
pasztetowe	9	35	11	2,5
kaszanki	9	25	–	2,5
salcesony	9	25	–	3,0

Jako dodatki do wędlin średnio i drobno rozdrobnionych powszechnie są stosowane białka sojowe oraz zwierzęce: serwatkowe, kolagenowe, białka krwi itp., karageny lub inne hydrokoloidy, np. guma guar oraz fosforany – z reguły w dawce od 1 500 do 3 000 mg/kg produktu w przeliczeniu na P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Peklowanie surowca mięsnego przebiega w czasie kutrowania oraz na dalszych etapach procesu produkcyjnego, obejmujących nadziewanie w osłonki celulozowe, poliamidowe naśladujące osłonki celulozowe lub białkowe – kolagenowe, najczęściej o rozmiarach 19, 23 oraz 32 mm. Powszechnie stosowane są również jelita naturalne – kiełbaśnice wieprzowe i jelita cienkie baranie. Nadal w produkcji kiełbas drobno rozdrobnionych, tak jak w tradycyjnej technologii, występuje etap osadzania, w czasie którego przebiega m.in. peklowanie surowca, do którego wprowadzono zestaw soli peklujących w czasie kutrowania i podsuszanie powierzchni. W nowoczesnych procesach obróbki wędzarniczo-parzelniczej drobno rozdrobnionych wędlin parzonych przeprowadza się suszenie powierzchni w temp. 50–60°C przez 10–40 min (zależnie od rodzaju osłonki), wędzenie dymem o temp. 45–55°C przez 30–100 min, parzenie w temp. 72–74°C, a następnie studzenie zimną wodą (natrysk) do uzyskania ok. 20–30°C w centrum batonu lub powietrzem (wędliny podsuszone).

Szczególnym przypadkiem wędlin drobiowych o zróżnicowanym stopniu rozdrobnienia są przetwory z tak zwaną wkładką. Główny składnik stanowi farsz wykutrowany oraz frakcja średnio (rys. 15.5) lub grubo rozdrobniona.

**KIELBASA PIKNIKOWA DROBIOWA**



Rys. 15.5. Schemat produkcji wędliny drobiowej średnio rozdrobnionej

**Wędliny drobiowe podrobowe** są przetworami wytwarzanymi z surowców mięsnych (często o wyższej zawartości kolagenu), w tym skórek i podrobów – szczególnie wątroby, niepeklowanych lub peklowanych poddanych wstępnej obróbce termicznej, z dodatkiem surowca tłuszczowego oraz skrobiowego (kasze).

Wyróżnia się następujące rodzaje wędlin drobiowych podrobowych:

- pasztetowe,
- kaszanki,
- salcesony.

W procesie produkcji wędlin drobiowych podrobowych zasadnicza masa surowców jest poddana wstępnej obróbce termicznej, tj. gotowaniu, po czym część jest krojona (składniki nie przeznaczone do kutrowania), część rozdrobniona na wilku (te które będą kutrowane). Surowce mięsno-tłuszczowe grubo i drobno rozdrobnione są mieszane, dodawane są przyprawy, następnie napełnia się osłonki i poddaje właściwej obróbce termicznej, tj. parzeniu. Wstępną obróbkę termiczną można prowadzić również bezpośrednio w czasie rozdrabniania w kutrach z podgrzewaną misą.

Do produkcji wędlin podrobowych stosuje się surowce mięsne peklowane (mięso drobiu) i niepeklowane (w tym: skórki drobiowe, podroby) oraz mięso drobiu w formie elementów. Gotowanie mięsa prowadzi się w kotłach z płaszczem grzejnym w temp. 100°C przez 30 do 90 min przy niewielkim nadmiarze wody w stosunku do surowca mięsnego (tuszki, elementy) lub tłuszczowego. Często surowce tłuszczowe oraz skórki drobiowe poddaje się tylko wstępnemu parzeniu (blanszowaniu) w 70–90°C przez ok. 10 minut. Mięso po gotowaniu jest ręcznie oddzielane od korpusów lub kości [23].

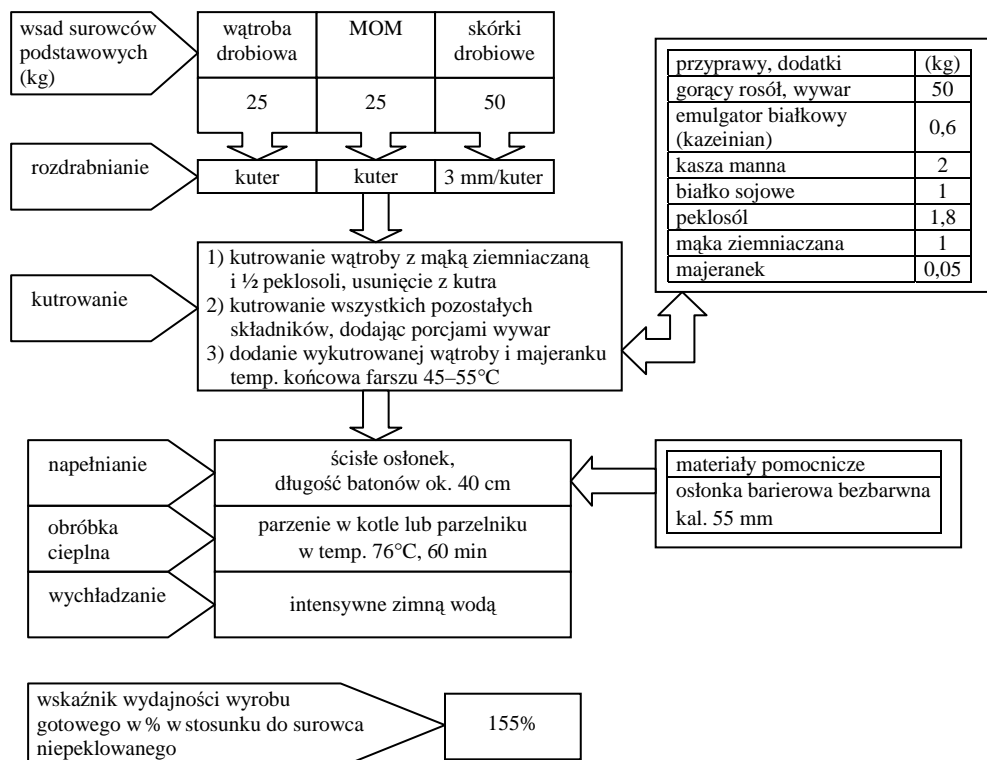
Rosoly (wywary) uzyskiwane w procesie gotowania surowca mięsnego niepeklowanego są wykorzystywane do gotowania kasz (w stosunku maksymalnie 2:1), stosowanych w produkcji kaszanek lub w kutrowaniu surowców mięsno-tłuszczowych po obróbce termicznej.

Wątrobę do produkcji pasztetów i pasztetowych (rys. 15.6 i 15.7) najczęściej kutruje się bez obróbki termicznej z dodatkiem soli lub mieszanki peklującej, ewentualnie (szczególnie w produkcji pasztetów o niższej wydajności) wątrobę wstępnie parzy się w temp. 80–90°C.

W produkcji salcesonów wytwarzanych z dużym udziałem surowców o wysokiej zawartości tkanki łącznej, m.in. skórek, stosuje się dwufazową obróbkę termiczną w celu termohydrolyzy kolagenu oraz/lub dodatek żelatyny do utrwalenia ostatecznej formy zżelowanego produktu. Wędliny podrobowe są nadziewane w osłonki naturalne oraz sztuczne, stanowiące barierę dla wymiany gazów, głównie poliamidowe, jak i niebarierowe, np. wiskozowe (z regenerowanej celulozy czy tekstylne) i dzieli się je na batony o masie jednostkowej od 150 g (pasztety) do 5 kg (studzieniny). Finalna obróbka termiczna polega na gotowaniu lub parzeniu batonów do osiągnięcia 72°C w centrum geometrycznym. Osobną grupę produktów stanowią galantyny drobiowe należące do grupy tzw. studzienin, w których w żelu żelatynowym zawieszono są krojone lub rozdrobnione surowce mięsne (rys. 15.8).



## PASZTETOWA WIEJSKA DROBIOWA



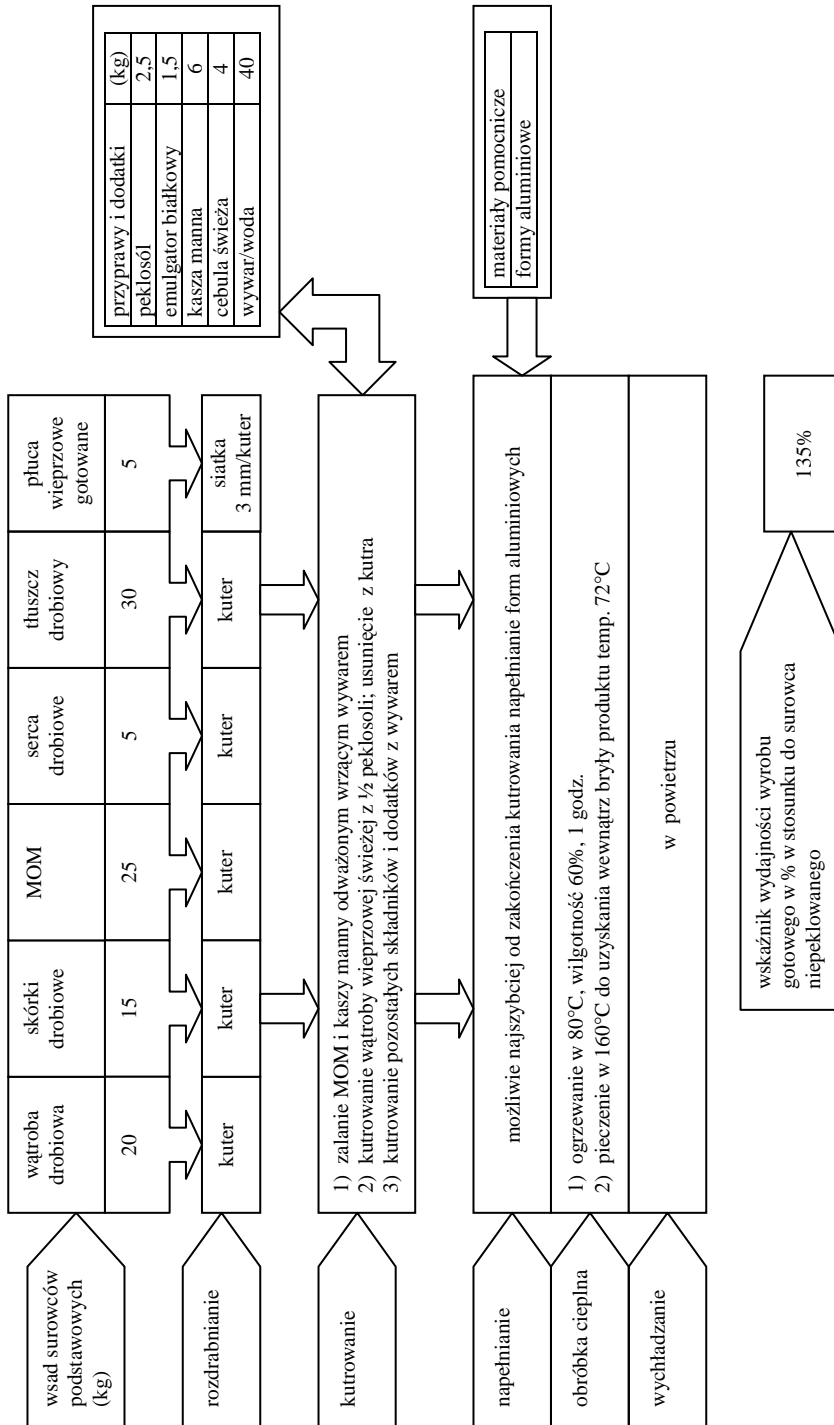
Rys. 15.6. Schemat produkcji wędliny podrobowej drobiowej

Proces produkcyjny polega na wstępnej obróbce termicznej (gotowanie) tuszek lub wykrawanego mięsa (uprzednio nastrzykniętych solanką lub nie) albo też farszów wysoko wydajnych poddanych wstępnemu parzeniu w osłonkach, np. poliamidowych (po schłodzeniu półprodukt jest kostkowany lub rozdrabniany przez siatkę 10 mm – szarpak). W celu uzyskania klarowności żelu rozdrobniony surowiec mięsny przemywa się gorącą wodą i następnie miesza z zalewą żelatynową (zazwyczaj 10-procentową) w proporcji 1:1 (do 1:0,7), nadziewa w finalne osłonki i parzy do temp. 72°C wewnątrz batonu lub bezpośrednio po nadziewaniu intensywnie schładza.

Wymagania jakościowe w odniesieniu do wszystkich rodzajów wędlin drobiowych dotyczą [19]:

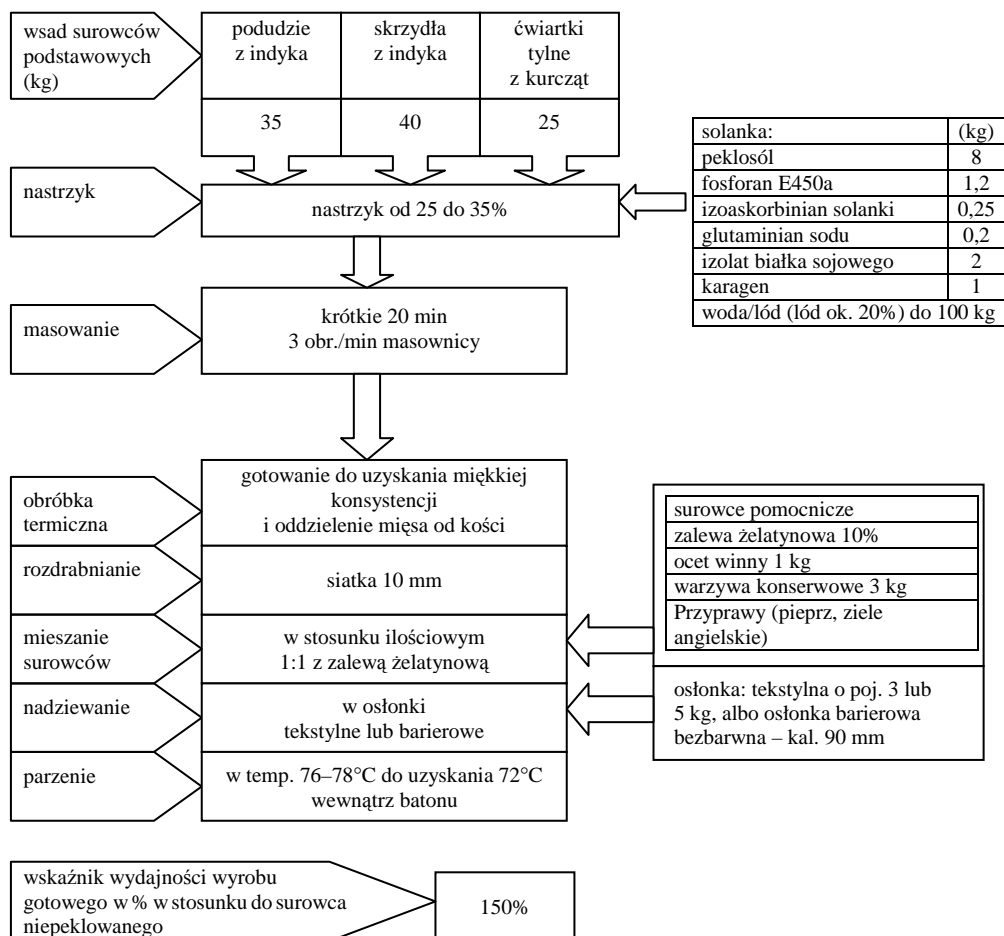
- powierzchni wyrobu lub osłonki, która musi być czysta, bez zabrudzeń, oślizłości i nalotów pleśni osłonka musi ściśle przylegać do wyrobu (z wyjątkiem opakowań jednostkowych wypełnionych mieszaniną gazów obojętnych);
- osłonki przepuszczalne dla wody i gazów (np. białkowe) na wędlinach suszonych, podsuszanych i pieczonych powinny być równomiernie pomarszczone.

**PASZTET ZAPIEKANY**



Rys. 15.7. Schemat produkcji pasztetu drobiowego

## SALCESON DROBIOWY



Rys. 15.8. Schemat produkcji wędliny drobiowej – salcesonu

Niedopuszczalne są ślady niedowędzenia na osłonkach w wyniku styku batonów. Niedopuszczalne są skupiska galarety i tłuszczu pod powierzchnią osłonki, jak również wewnątrz struktury batonów. Wymagana jest konsystencja krucha oraz soczystość przetworów. Wędliny paszтетowe powinny być smarowne w temperaturze pokojowej.

Najczęściej spotykane wady kiełbas drobiowych wynikające z błędów lub nieprzestrzegania receptury to [6]:

- konsystencja kiełbasy nadmiernie twarda – ze względu na zbyt mały udział wody (lodu) i tłuszczu, za wysoki surowców kolagenowych (skórek);
- niewłaściwe związanie, wycieki tłuszczu i galarety wynikające ze zbyt dużego udziału lodu lub tłuszczu, zbyt niskiego dodatku soli i składników peklujących albo błędów w technologii: przekutrowania farszu, zbyt intensywnego rozdrob-

- nienia, zastosowania za dużej liczby obrotów noży, za długiego czasu kutrowania; nieprzestrzegania zasad kutrowania – zbyt późny dodatek lodu, tj. w temperaturach powyżej 0°C, zbyt wysoka temperatura końca kutrowania (ponad 14°C), zbyt długie parzenie;
- odchylenia barwy takie jak: szarzenie wędlin lub szarozielone wnętrze, obwódki itp. wynikające z niewłaściwego peklowania szczególnie mięsa o niskim pH, zbyt długiego przetrzymywania farszu przed obróbką termiczną, niedostatecznej obróbki termicznej, niewłaściwego przygotowania osłonek naturalnych;
  - nieostry, rozmazany przekrój kielbasy grubo rozdrobnionej, wynikający z zastosowania surowca tłuszczowego o zbyt miękkiej konsystencji, nadziewanie farszu niewychłodzonego;
  - pęcherze powietrzne wynikające z braku stosowania urządzeń próżniowych oraz wad nadziewania.

## 15.2. Technologia produkcji wędzonek i przetworów formowanych drobiowych

Wędzonki to przetwory mięsne o co najmniej częściowo zachowanej strukturze tkankowej, wytworzone z jednego mięśnia lub różnych mięśni, peklowane albo solone, wędzone, surowe lub parzone w osłonkach albo bez osłonek, suszone lub pieczone [32]. Uważa się, że zastosowanie noża nerkowego (szarpaka) do rozdrobnienia surowca mięsnego pozwala zakwalifikować wyrób jako wędzonkę – przy większym stopniu rozdrobnienia przetwory są klasyfikowane w grupie kielbas.

W związku ze złożonością technologii produkcji wędzonek i różnorodnością ich typów w osobną grupę wydzielono dwa rodzaje wyrobów wytwarzanych z całych lub grubo rozdrobnionych mięśni drobiu, tj. szynki i polędwice drobiowe.

Według polskich przepisów normatywnych [43]:

- szynka i polędwica drobiowa to wyroby otrzymane z całych lub grubo rozdrobnionych peklowanych mięśni piersiowych drobiu, bez udziału innych drobno rozdrobnionych surowców mięsno-tłuszczowych; niewędzone lub wędzone, parzone albo pieczone.

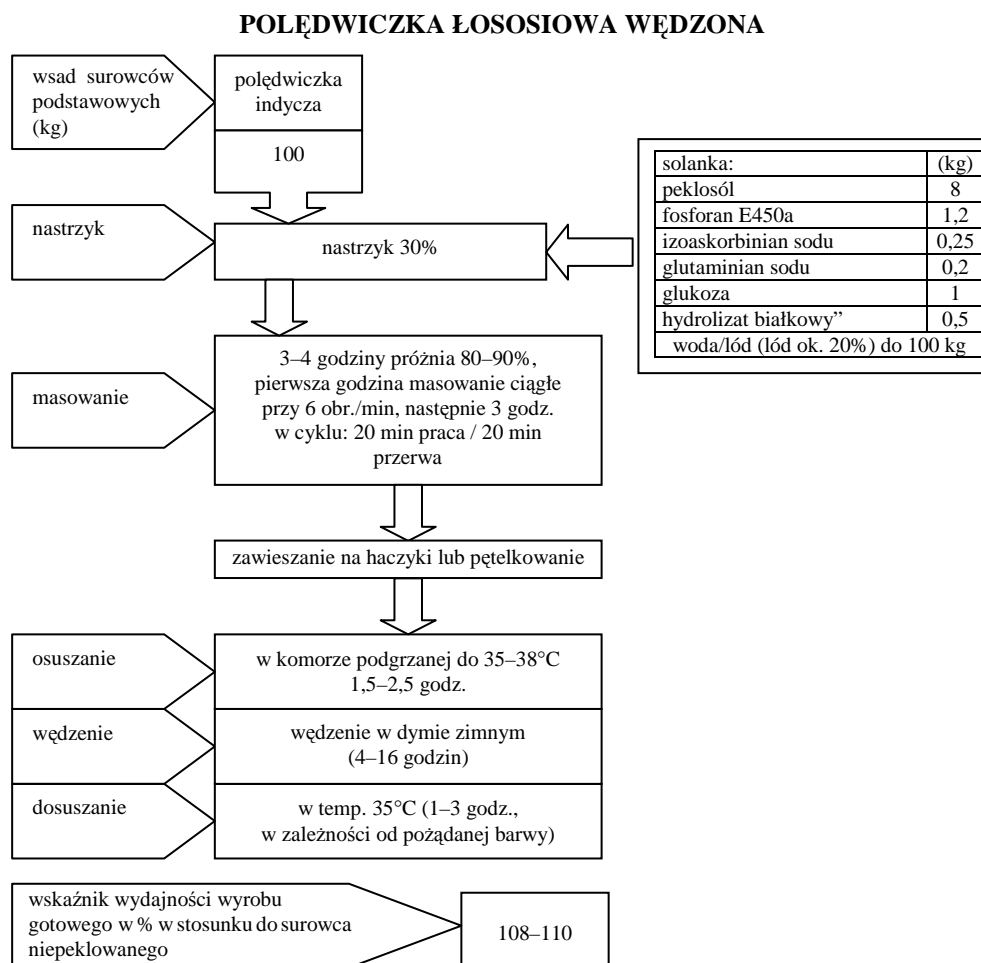
Polędwice zwyczajowo wytwarzane są z całych mięśni, szynki również z mięśni grubo rozdrobnionych.

Wyróżnia się jako osobną grupę produktów szynki drobiowe wysoko wydajne, wyprodukowane z udziałem dozwolonych substancji dodatkowych zwiększających wodochłonność, co powoduje uzyskanie wydajności gotowego produktu powyżej 130% w stosunku do masy surowca mięsnego.

Ze względu na sposób utrwalenia wyróżnić można dwie podstawowe grupy wędzonek drobiowych:

- wędzonki drobiowe surowe,
- wędzonki drobiowe poddane obróbce termicznej, głównie parzone.

Wędzonki surowe są nieliczną grupą przetworów drobiarskich. Należy do nich m.in. polędwiczka łososiowa, której technologię produkcji podano na rysunku 15.9.



Rys. 15.9. Schemat produkcji wędzonki drobiowej surowej

Są to wyroby wytwarzane z jednego mięśnia (np. piersiowego głębokiego) o wysokim standardzie jakościowym, o niskiej wydajności, tzn. nie stosuje się dodatku białek roślinnych i hydrokoloidów, a dodatek poli- i wielofosforanów jest stosunkowo niski (tj. poniżej 2000 mg  $P_2O_5$ / kg produktu finalnego). Peklowanie jest prowadzone metodą nastrzykową. Po łagodnym masowaniu produkty mogą być nadziewane w osłonki kolagenowe lub pętłowane i wędzone dymem ciepłym po wstępnym osuszeniu. Proces wędzenia jest często prowadzony dwukrotnie. Znane są także tradycyjne wędzonki wytwarzane z mięśni gęsi ze skórą, tzw. półgęski. Normatywny okres trwałości wędzonek surowych przechowywanych w temperaturach  $2 \pm 10^\circ C$  wynosi 6 dni. Osiągany okres trwałości jest często dłuższy i dopuszczalny, jeśli producent przeprowadził niezależne badania przechwalnicze trwałości tych produktów. Według starej nomenklatury ta grupa przetworów należała do wędzonek trwałych i półtrwałych.

Wędzonki poddane obróbce termicznej, głównie parzone, można podzielić na osłonkowane i bezosłonkowe.

Wyróżniamy dwa podstawowe typy wędzonek osłonkowanych:

- parzone, nadziewane w osłonki barierowe;
- parzone i wędzone, nadziewane w osłonki kolagenowe, celulozowe (wiskozowe), niestanowiące przeszkody w wymianie gazów i pary wodnej.

Wędzonki osłonkowane, parzone można podzielić na rozdrobnione (z użyciem noża nerkowego) i nierozdrobnione.

Peklowanie surowca mięsnego do produkcji wędzonek jest przeprowadzane metodą nastrzykową lub zalewową. W zależności od wielkości przyrostu masy w peklowaniu dzielone są na nisko i wysoko wydajne (te ostatnie, jak podano wyżej, charakteryzują się wydajnością wyrobu gotowego powyżej 130% w stosunku do surowca niepeklowanego). Surowiec do produkcji wszystkich wędzonek tego typu jest masowany lub poddawany mieszanii pod próżnią [20].

### 15.2.1. Wędzonki parzone bezosłonkowe

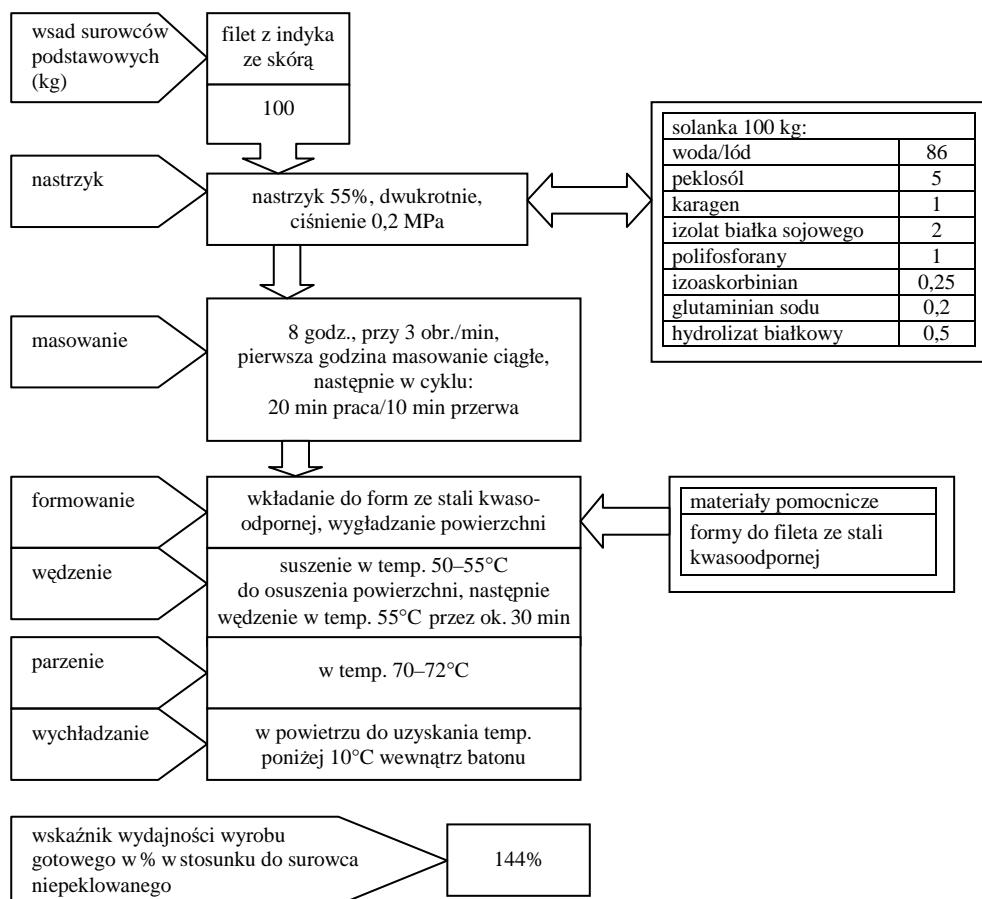
Wszystkie wędzonki tego typu są wędzone; wyróżnić można dwa typy: bezosłonkowe – nie sznurowane i sznurowane przy użyciu materiałów pomocniczych, jakimi są siatki poliestrowe lub sznurek wędzarniczy. Przykładem wędzonek niesznutowanych są tuszki i elementy mięsa drobiu (np. filet wędzony – rys. 15.10), a sznurowanych – filet lub udo z kością wędzone.

W nowoczesnych przetwórniciach dobór surowca do produkcji wędzonek parzonych powinien obejmować eliminację mięśni z wadą typu PSE (głównie dotyczy to mięśnia piersiowego indyka) [27]. Podejmowane były próby wykorzystania mięsa ciepłego pozyskiwanego w krótkim czasie po uboju, ale jest to technologia trudna do przeprowadzenia w przypadku mięsa drobiu ze względu na szybki przebieg przemian poubojowych. Proces peklowania surowca mięsnego do produkcji wędzonek parzonych jest wykonywany głównie metodą nastrzykową. Wielkość nastrzyku w wędzónkach parzonych kształtuje się na poziomie od 25% (filet piersiowy indyczy wytwarzany bez dodatku fosforanów) do 90% (mięśnie rozdrabniane przez nóż nerkowy lub tylko przy użyciu ślimaka, poziom fosforanów do 3000 mg  $P_2O_5$  w kg finalnego produktu). Wytwarzane są również wędzonki o niskiej jakości, ale o wysokiej wydajności produkcyjnej z dodatkiem wielo- i polifosforanów rzędu 4 500 mg  $P_2O_5$  na kg i białek niemięsnych, głównie sojowych.

Proces masowania w przetwórstwie drobiu jest prowadzony w czasie od 2 do kilkunastu godzin w zależności od stopnia rozdrobnienia mięśni. Mięśnie kurcząt są masowane najczęściej przez okres 2 godzin. Masowanie dużych nierozdrobnionych mięśni takich jak filet indyczy, trwa przez 8–12 godz., z tym że przez pierwszą godzinę stosuje się masowanie ciągłe (bez fazy relaksacji) przy 90% próżni. Masowanie mięśni drobnych i rozdrabnianych przez szarpak trwa od 2–3 do 8–10 godz. przy założonej wysokiej wydajności. Często stosuje się system z coraz krótszą fazą masowania w miarę przebiegu procesu i wydłużenie fazy relaksacji. Przed masowaniem stosuje się tzw. aktywację mięsa, co polega na zwiększeniu powierzchni tkanki poprzez nacinanie lub działanie wysokiego ciśnienia w wyniku przeciskania mięsa przez mały otwór (tzw. aktywator mięsa). Oddziaływania te uwalniają część białek ze struktury mięśni. W wyniku takiej obróbki można prowadzić proces masowania bez uprzedniego nastrzyku – metody te mogą być stosowane jednak tylko w produk-

cji wędzonek parzonych, a procedura aktywacji dotyczy w większym stopniu mięsa dużych zwierząt rzeźnych niż drobiu. Optymalny stopień wypełnienia masownicy surowcem mięsnym wynosi 50–60% i uzależniony jest od rozwiązań konstrukcyjnych wewnętrznego płaszcza masownicy. Ogólnie można rozróżnić masowanie intensywne i łagodne (w niektórych rozwiązaniach realizowane w tym samym urządzeniu, ale przy odwrotnym kierunku obrotów bębna masownicy). Pojedyncze szynki lub kawałki mięsa po masowaniu są nadziewane w osłonki nieprzepuszczalne lub półprzepuszczalne umożliwiające obróbkę w gorącym powietrzu lub wędzenie. Szynki takie charakteryzują się korzystniejszym profilem smakowo-zapachowym (brak odczucia rozgotowania szynki). Szczególnym przypadkiem jest nadziewanie szynki w folie kolagenowe zabezpieczające powierzchnię wędzonek pakowanych w siatki elastyczne.

### PIEŹ Z INDYKA WĘDZONA



Rys. 15.10. Schemat produkcji wędzonki drobiowej

Klasyczna obróbka termiczna wędzonek jest prowadzona w wodzie lub parze wodnej przy stałej temperaturze medium. Wędzonki nadziewane w folie kolagenowe i sztuczne przepuszczalne oraz w siatkach elastycznych są poddawane obróbce w gorącym powietrzu o stałej temperaturze, metodą ogrzewania różnicowego  $\Delta T$ , mogą być również wędzone. Aktualnie wymaga się dogrzania wnętrza produktu do temp.  $72^{\circ}\text{C}$  [36], co stwarza duże problemy, gdyż delikatne mięśnie drobiowe poddawane obróbce w temp. powyżej  $68^{\circ}\text{C}$  charakteryzują się często pogorszoną soczystością. Uważa się, że temperatura medium grzewczego nie powinna wynosić więcej niż  $75^{\circ}\text{C}$  ze względu na możliwość wystąpienia w warstwach zewnętrznych wędzonki niekorzystnych zmian jakościowych. Wędzenie jest przeprowadzane tylko w przypadku produkcji wyrobów w osłonkach przepuszczalnych lub wytwarzanych z całego mięśnia, np. filet indyjski. Przed procesem wędzenia należy osuszyć powierzchnię wędzonki w temperaturach  $40\text{--}60^{\circ}\text{C}$  przy niskiej wilgotności względnej powietrza. Następnie przeprowadza się wędzenie gorące w temperaturach  $60\text{--}80^{\circ}\text{C}$  w czasie do 2 godz. w zależności od gęstości zastosowanego dymu. Końcowa obróbka do osiągnięcia założonych wartości pasteryzacyjnych przebiega w gorącym powietrzu. Wędzonki po obróbce termicznej muszą być szybko schłodzone do temperatury chłodniczej, dotyczy to szczególnie wyrobów z dodatkiem karagenów, gdyż powolne chłodzenie powoduje w tym wypadku powstawanie żelujących wycieków.

Wędzonki parzone według starej terminologii były zaliczane do nietrwałych. Normatywny okres ich przydatności do spożycia wynosił 72 godz. zależnie od warunków przechowywania [32]. Jednak w związku z zastosowaniem nowoczesnych rozwiązań w zakresie opakowań barierowych okres trwałości przechowalniczej obecnie wydłuża się nawet do kilku tygodni. Wędzonki przed skierowaniem do dystrybucji są pakowane w całości, po podzieleniu na porcje lub plasterkowaniu. Stosuje się opakowania z folii termokurczliwych z ewakuacją powietrza lub coraz częściej po wprowadzeniu gazów ochronnych.

Uważa się, że wędzonki pakowane po zakończeniu obróbki termicznej w opakowania termokurczliwe z folii powinny być trwałe przechowalniczo w warunkach chłodniczych co najmniej 4 tygodnie; natomiast wyroby plasterkowane 3 tygodnie. Wprowadzenie gazów ochronnych (np.  $30\text{--}40\%$   $\text{CO}_2$  – reszta  $\text{N}_2$ ) wydłuża trwałość szczególnie dzięki działaniu  $\text{CO}_2$  na mikroorganizmy tlenowe i beztlenowe. Wędzonki poddawane obróbce termicznej w folii i następnie zamknięte próżniowo w opakowaniu, będące właściwie konserwami pasteryzowanymi, mogą być przechowywane chłodniczo nawet do 6 miesięcy. Do konkretnego wyrobu ustala się okresy przydatności do spożycia na podstawie badań przechowalniczych. Badania te zleca producent i udostępnia wyniki do wglądu jednostkom kontroli urzędowej.

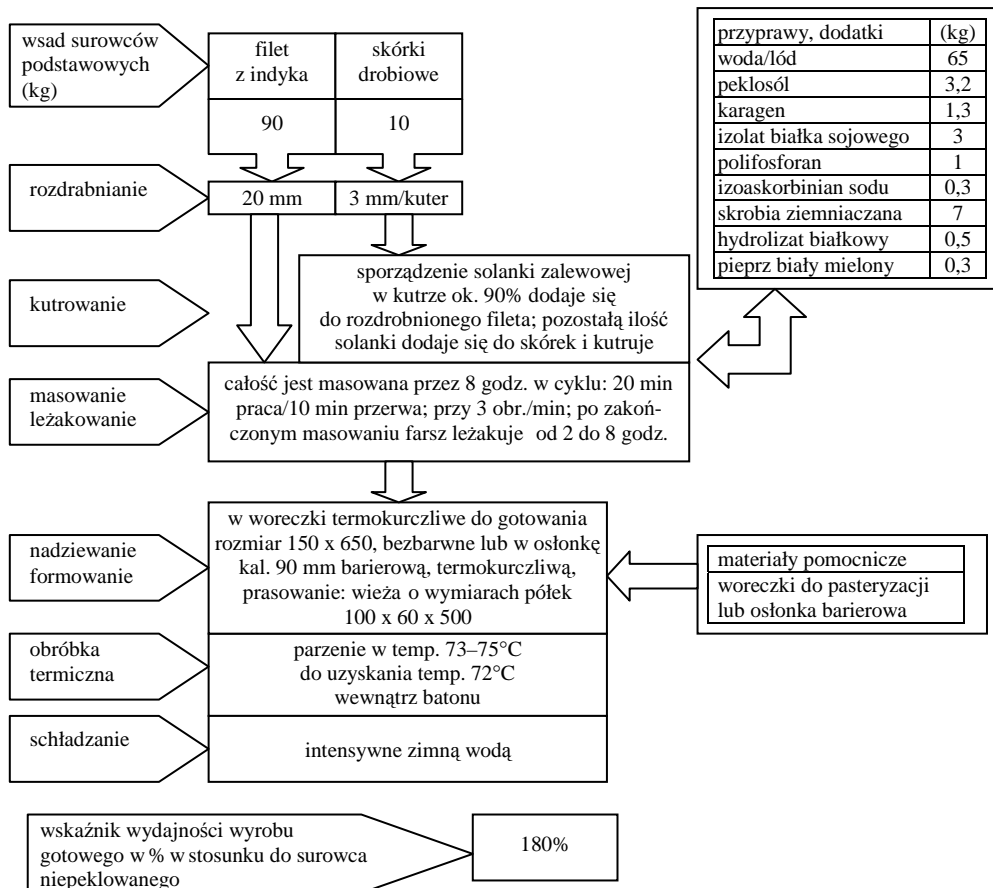
### 15.2.2. Wyroby blokowe formowane

Wyroby te są nową grupą przetworów mięsnych i drobiarskich, których wspólną cechą jest nadawanie kształtu produktu w czasie obróbki termicznej z zastosowaniem form metalowych indywidualnie zamykanych i dociskanych lub składanych w tzw. wieże, z zastosowaniem form wielowarstwowych nakładanych w kilku poziomach. Wydajność produktów wynosi od 140 do 220%. Surowiec mięsny jest rozdrobniony przez szarpak lub siatkę 20 mm; zestaw surowcowy stanowią mięśnie udowe (do wydajności  $170\text{--}180\%$ ) albo filet piersiowy (przetwory o wydajności powyżej  $180\%$ ). Poziom dodanych fosforanów wynosi w gotowym wyrobie ok. 3000 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  na kg (maksymalny poziom

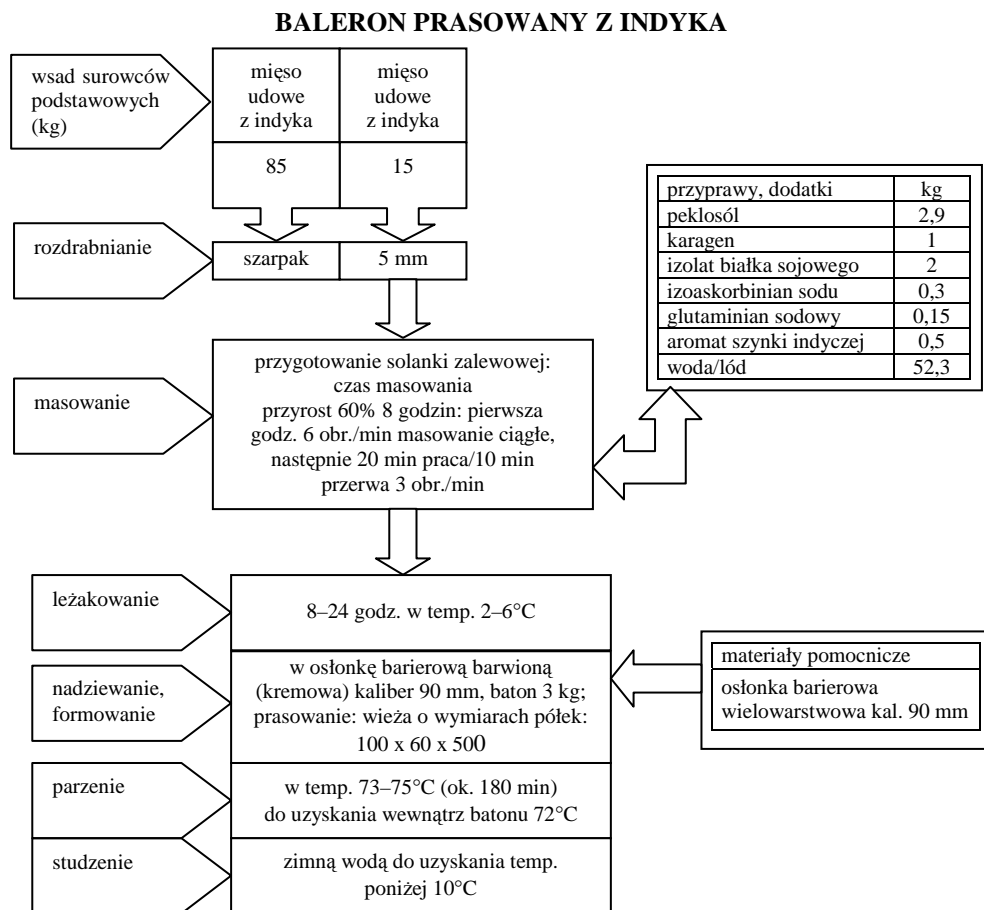


fosforanów w wyrobach 5 000 mg/kg). Jako substancje dodatkowe i zamienniki białkowe stosowane są karageny i białka roślinne oraz zwierzęce, hydrolizaty białkowe, żelatyna funkcjonalna i 2–3% skrobi ziemniaczanej. Cechą wspólną wyrobów blokowych jest nadziewanie produktu do osłonek barierowych w formie rękawa lub woreczków i obróbka termiczna (parzenie) nadająca trwałość i kształt wyrobów dzięki zastosowanym formom. Ze względu na częściowo szczelne zamknięcie – klipsowanie jedno- i wielokrotne – zyskuje się produkty o długiej trwałości, stanowiące grupę pośrednią w klasyfikacjach technologicznych lub towaroznawczych pomiędzy wędzonkami i konserwami pasteryzowanymi (rys. 15.11 i 15.12).

### SZYNKA Z INDYKA PRASOWANA



Rys. 15.11. Schemat produkcji szynki drobiowej formowanej



Rys. 15.12. Schemat produkcji przetworu drobiowego blokowego

Wyróżnia się dwie podstawowe metody obróbki termicznej wyrobów formowanych. W pierwszej obróbce przeprowadza się w osłonce odpowiednio napełnionej w zależności od kurczliwości materiału, bez powietrza i zaklipsowanej. Po włożeniu do formy, parzeniu i wychłodzeniu produkt jest wyjmowany z osłonki, usuwana jest ewentualna galareta, a następnie pakowany próżniowo w folie. Technologia ta określana mianem cook and strip obniża jednak trwałość produktu. W innej wersji produkt jest nadziewany w ostateczną osłonkę, a zastosowane dodatki funkcjonalne zapobiegają wyciekom i powstawaniu galarety. Dzięki barierowej dla wymiany gazów i pary wodnej osłonce uzyskiwana jest długa trwałość produktu (nawet powyżej 6 miesięcy). Ta metoda produkcji wyrobów blokowych jest określona mianem cook and ship [4].

Najczęściej stosowane w wieżach są formy prostokątne, gdyż zapewniają najlepsze wypełnienie przestrzeni sześcianu, ale możliwe są wszystkie inne rozwiązania geometryczne kształtu produktu (owalne, mandolinowe itp.). Formy mają rozmiary od 85 mm x 105 mm do 200 mm x 160 mm (szerokość x wysokość). Najbardziej typowe rozmiary form

w wieży wynoszą 60/100 mm. Produkt jest napełniany do osłonek o średnicy 90 mm lub woreczków barierowych termokurczliwych. Stosowana jest folia pięciowarstwowa, w tym poliolefinowa, poliamidowa, poliestrowa lub PVdC do pasteryzacji. Osłonki są klipsowane. Używane są również woreczki termokurczliwe nadające się do pasteryzacji lub też proces nadziewania i zgrzewania odbywa się na urządzeniach rolowych, automatycznie formujących opakowania.

W produkcji przetworów formowanych wymagane są osłonki o dużej wytrzymałości mechanicznej, odporne termicznie, o kilkunastoprocentowym stopniu skurczu (zapewnia to właściwy wygląd produktu finalnego).

Najczęściej spotykane odchylenia jakościowe wędzonek oraz wyrobów blokowych obejmują m.in. wady związane z konsystencją. Wymaga się, aby plaster produktu o grubości 3 mm nie rozpadał się [32]. Słabe związanie wynika ze zbyt krótkiego lub mało intensywnego masowania lub źle dobranej ilości nastrzykiwanej solanki.

Struktura na przekroju wędzonek powinna odpowiadać charakterystyce produktów grubo rozdrobnionych. Jeśli przypomina strukturą kiełbasy parzone o niższym stopniu rozdrobnienia, wskazuje to na nadmierne działanie mechaniczne w fazie masowania, tzw. przemasowanie.

Wycieki termiczne powstające pod osłonką wskazują na stosowanie mięsa PSE, zbyt krótkie masowanie, za wysoką temperaturę procesu lub wadliwie dobrany skład dodatków funkcjonalnych. Przyczynami wycieków jest też nadmierny nastrzyk lub zbyt wysoka temperatura obróbki termicznej – wada ta często ujawnia się przy obróbce termicznej prowadzonej do osiągnięcia 72°C w centrum batonów [20].

Występowanie pęcherzy powietrznych oraz porów w strukturze przetworu wskazuje na rozwój mikroorganizmów wytwarzających gazy po masowaniu w zbyt wysokiej temperaturze lub na zbyt niską temperaturę parzenia. Przyczyną porów w strukturze jest też zastosowanie zbyt wysokiego ciśnienia przy nastrzyku lub złe odpowietrzenie przy formowaniu wędzonek.

Odchylenia barwy to przede wszystkim barwa biała lub nierównomierna na przekroju, będąca wynikiem stosowania mięsa PSE, zbyt niskiego poziomu przeciwutleniaczy, niewystarczającej obróbki cieplnej lub zbyt krótkiego masowania. Zazielenie, poszarzenie produktu jest związane z nadmiernym wyjściowym zakażeniem surowca, brakiem higieny w procesach przetwórczych, niedostateczną obróbką termiczną, zbyt wysoką temperaturą i wilgotnością w czasie przechowywania. Przyczyną wad barwy może być także zbyt niski poziom przeciwutleniaczy w zestawie zastosowanych dodatków.

Plamy na przekroju i powierzchni są spowodowane złym wymieszaniem składników lub nieprawidłowym przygotowaniem osłonek.

Kleista powierzchnia wyrobu wskazuje na niski poziom higieny w operacjach pakowania, zbyt wysoką temperaturą i wilgotnością w czasie przechowywania, brak higieny przy plasterkowaniu wędzonek. Kondensacja pary wodnej wewnątrz opakowań, związana z przekroczeniem tzw. punktu rosy, jest spowodowana zbyt wysoką wilgotnością w pomieszczeniach chłodniczych [20].

### 15.3. Technologia produkcji konserw drobiowych

Wyróżnia się dwa zasadnicze rodzaje konserw drobiowych [33]:

- pasteryzowane – przetwory z mięśni drobiowych nierozdrobnionych lub grubo rozdrobnionych po zamknięciu w hermetycznym opakowaniu poddawane obróbce cieplnej w temp. poniżej 100°C; tę grupę przetworów stanowią tylko szynki drobiowe;
- sterylizowane – przetwory z mięsa drobiu, składników uzupełniających oraz przypraw po zamknięciu w hermetyczne opakowania poddawane obróbce cieplnej w temp. powyżej 100°C w zamkniętych urządzeniach przy zastosowaniu podwyższonego ciśnienia.

Wyróżnia się następujące typy konserw drobiowych sterylizowanych:

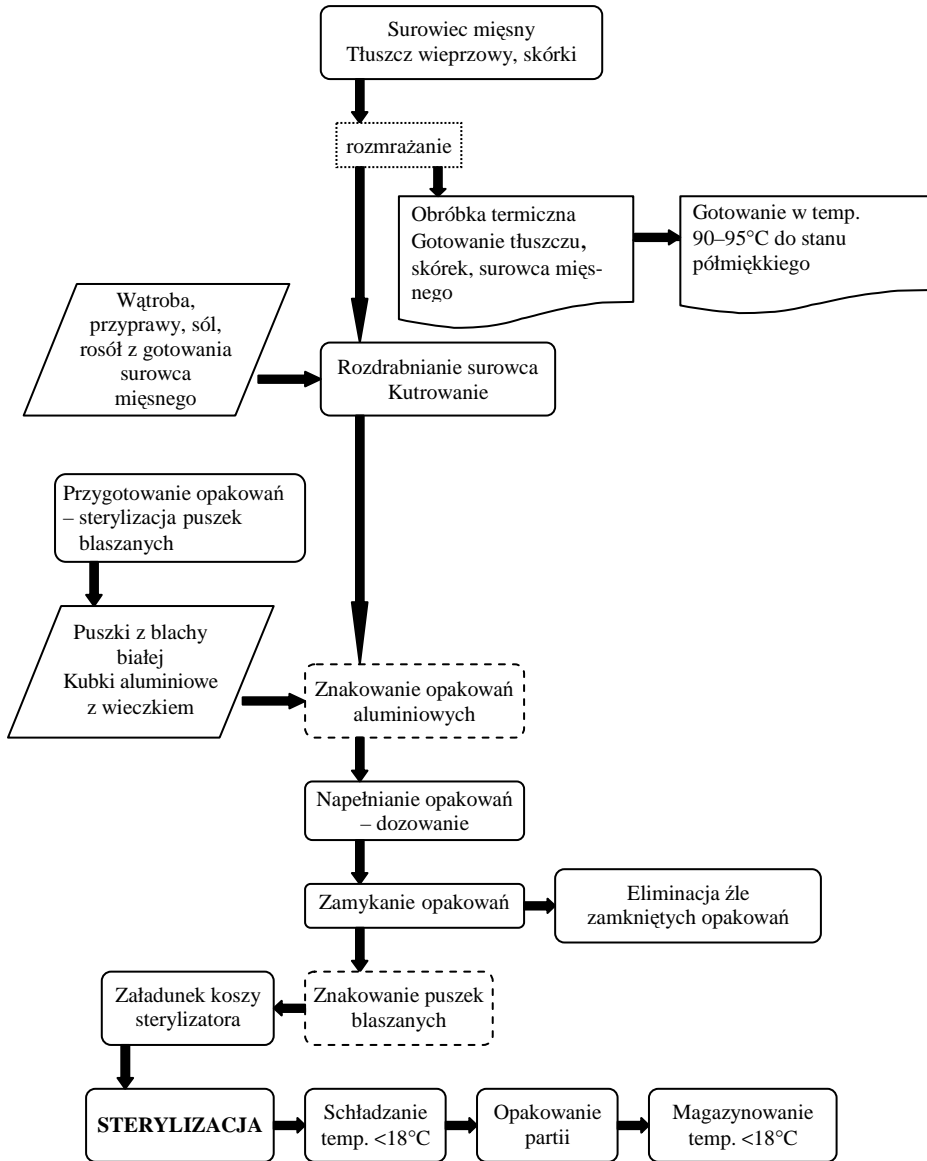
- mięsne (ewentualnie z dodatkami) w zalewie, rosole lub sosie,
- podrobowe,
- szynka,
- mielonka,
- pasztety.

Obecnie produkowane są głównie pasztety oraz mielonki, pozostałe typy konserw mają małe znaczenie w przetwórstwie drobiarskim.

Wyróżnia się następujące etapy w produkcji konserw:

- przyjęcie surowców mięsnych i uzupełniających;
- przygotowanie wstępne surowców mięsnych i tłuszczowych (w tym rozmrażanie);
- peklowanie – masowanie;
- wstępna obróbka termiczna – gotowanie (blanszowanie) surowców mięsnych, tłuszczowych i skrobiowych;
- rozdrabnianie surowców mięsno-tłuszczowych (mielenie, kutrowanie); w produkcji konserw podrobowych i pasztetów możliwe jest połączenie rozdrabniania i obróbki termicznej (obróbka w kutrach z podgrzewaną misą lub kutrowanie z dodatkiem gorących rosółów), ostateczna homogenizacja pasztetów;
- przygotowanie zalew, sosów, jarzyn i wsadu do konserw w rosółach;
- przygotowanie opakowań (dotyczy puszek blaszanych i słoików);
- napełnianie (dozowanie) i zamykanie opakowań;
- sterylizacja lub pasteryzacja;
- znakowanie opakowań, czyszczenie, osuszanie, pakowanie, magazynowanie.

Schemat blokowy produkcji konserw drobiowych – pasztetów podano na rysunku 15.13.



Rys. 15.13. Schemat blokowy produkcji konserw drobiowych (pasztety)

Konserwiarnia powinna być wyposażona w pomieszczenia związane z przeprowadzaniem poszczególnych operacji technologicznych w produkcji konserw pasteryzowanych (w przypadku przetwórstwa drobiarskiego są to tylko szynki) i sterylizowanych. Pierwszym etapem jest przyjęcie surowca w formie tuszek lub wykrawanych mięśni do magazynu (warunki chłodnicze – temperatura do 4°C, wilgotność względna powietrza do 95%). Często, głównie w produkcji pasztetów sterylizowanych, stosuje się surowce mięsno-tłuszczowe mrożone. W związku z powyższym, w tradycyjnie zaprojektowanej konserwiarni konieczne jest pomieszczenie rozmrażalni. Ponieważ najczęściej rozmrażane są surowce dostarczane w blokach i opakowaniach zbiorczych, są one rozpakowywane w specjalnych pomieszczeniach, gdzie usuwana jest też folia z bloków. Następnie bloki są układane do czystych pojemników transportowych, w których zachodzi rozmrażanie. Proces ten musi być prowadzony w pomieszczeniach o temperaturze nie wyższej niż +18°C, korzystnie w warunkach chłodniczych, co jednak wielokrotnie go wydłuża. Często surowiec w formie tuszek, elementów lub korpusów (po rozbiorze i wykrawaniu mięsa) po rozmrożeniu poddawany jest mechanicznemu odkostnianiu. Temperatura MOM uzyskanego z surowca rozmrożonego nie powinna przekraczać +4°C. Alternatywą dla rozmrażania owiewowego jest omówione w rozdziale 13 rozmrażanie mikrofalowe pozwalające zaoszczędzić powierzchnię produkcyjną. Rozmrażanie często jest prowadzone w dwóch fazach: pierwsza w temp. 14–16°C przy wilgotności względnej ok. 95% (korzystnie w obiegu zamkniętym w specjalnych komorach), a następnie w 6–10°C (wilgotność względna 75–80%) do rozmrożenia. Inną techniką określaną też mianem „temperowania” jest rozmrażanie do uzyskania temperatury od -5 do -4°C, co umożliwia już rozdrobnienie surowców w nowoczesnych urządzeniach. Proces ten jest przeprowadzony zazwyczaj dwu-fazowo. Na pierwszym etapie przechowuje się zamrożony surowiec w temperaturach 2–6°C (wilgotność względna 70–75%), a następnie przy 1°C (wilgotność względna 85–90%) do uzyskania pełnego rozmrożenia [18]. Wadą metod owiewowych i w ogóle rozmrażania w powietrzu jest długi czas trwania, w przypadku mięsa w bloku trwa on od 1 do 2 dob. Po rozmrożeniu przeprowadzany jest rozbiór tuszek i wykrawanie mięśni. Następnie mięso drobiowe jest rozdrabniane do pożądanej wielkości przy użyciu krajalnic, kostkownic, wilków. W przypadku produkcji konserw z mięśni całych etap ten zostaje pominięty. W produkcji konserw pasteryzowanych oraz niektórych sterylizowanych (w produkcji szynki i mielonek) stosuje się surowiec peklowany, w związku z czym w konserwiarni musi być peklownia, w której można przeprowadzić peklowanie metodą suchą i moką, w tym nastrykową, oraz w razie potrzeby masowanie w warunkach chłodniczych.

Surowiec przeznaczony do produkcji konserw pasteryzowanych musi odpowiadać wysokim wymaganiom jakościowym, wykrawane powinny być partie mięsa np. z wybroczynami. Szynki drobiowe pasteryzowane są wytwarzane z całych mięśni lub rozdrobnionych przez szarpak oraz peklowane w czasie masowania po wprowadzeniu solanki w formie zalewy. W produkcji szynki i mielonek napełnianie puszek metalowych odbywa się za pomocą nadziewarek próżniowych.

Surowiec do produkcji konserw sterylizowanych wytwarzanych z mięsa niepeklowanego (podrobowe, mięsne w zalewach i sosach oraz pasztety) jest zazwyczaj poddawany wstępnej obróbce termicznej, polegającej na blanszowaniu, podsmażaniu, gotowaniu drobiu (całe tuszki lub elementy), co ułatwia odkostnianie mięsa. Blanszowane surowce przeznaczone są do produkcji konserw w zalewach lub galaretach (szczególnie żelatynowych), żeby obniżyć możliwość powstawania zmeńnięć w konserwach, wywołanych przez

zdenaturowane białka [23]. W produkcji konserw w zalewie lub z sosami do ich przygotowania stosuje się buliony (wywary) uzyskane w czasie wstępnej obróbki termicznej surowca, do przygotowania zalewy, bądź gotuje się rosół z wykorzystaniem mięsa i skórek, dodając do niego warzywa. Istnieje również możliwość przygotowania zalewy tylko jako roztworu soli lub z dodatkiem żelatyny. Jeśli w skład konserw wchodzi składniki węglowodanowe (kasze itp.), powinny być one namoczone lub wstępnie ugotowane przed wprowadzeniem do konserwy w celu uniknięcia nadmiernego wchłaniania wody z zalewy lub sosu w trakcie sterylizacji. Gotowanie surowców skrobiowych prowadzi się w wodzie lub rosole (wywarze) uzyskanych po gotowaniu składników mięsnych. Sosy wieloskładnikowe (w tym przyprawy) nie muszą być przygotowywane przed sterylizacją, wystarczy wprowadzenie składników w postaci suchej oraz jako podstawowego składnika skrobi modyfikowanej odpornej na sterylizację. W produkcji konserw stosuje się skrobię utlenioną lub fosforany skrobi, które również doskonale stabilizują zdolność utrzymania wody i tłuszczu w pasztetach. Sosy gotowane przed sterylizacją są również przygotowywane ze skrobi modyfikowanej. Obecnie praktycznie odstąpiono od przygotowywania sosów w oparciu o zasmażkę z maki pszennej na roztopionym tłuszczu. Surowiec mięsny na konserwy typu gulaszowego z dużymi kawałkami mięsa jest często poddawany opiekaniu lub podsmażaniu.

Jako opakowania jednostkowe w produkcji konserw stosuje się: puszki metalowe, w tym aluminiowe z wieczkami metalowymi i z folii, folie wielowarstwowe (w tym laminaty zawierające warstwy metalowe) oraz słoje szklane. Opakowania jednostkowe muszą być magazynowane w osobnych pomieszczeniach, a ich przygotowanie do napełniania w przypadku puszek metalowych obejmuje mycie wieczek i puszek.

Wybór optymalnych wymiarów opakowania pozwala obniżyć nakłady energetyczne procesu sterylizacji. Korzystne jest stosowanie przy tej samej objętości i wielkości wsadu puszki o większej wysokości – pozwala to skrócić czas obróbki termicznej o 30% [5]. Zużycie energii zależy od rodzaju opakowań. Opakowania szklane wymagają czasu sterylizacji co najmniej 1,5 raza dłuższego w porównaniu z puszką blaszaną ze względu na niższy współczynnik przewodzenia ciepła przez szkło. Niski nakład energetyczny występuje przy sterylizacji konserw w opakowaniach miękkich (laminaty tworzyw sztucznych i aluminium).

Przygotowanie opakowań obejmuje mycie i sterylizację, która dotyczy tylko puszek metalowych oraz słoików szklanych i jest wykonywana przy użyciu urządzeń wyposażonych w natrysk parą. Mycie puszek jest przeprowadzane w myjkach tunelowych lub rotacyjnych. Sterylizację puszek parą wodną przeprowadza się przy ciśnieniu 0,5 atm. Opakowań wytłaczanych i aluminiowych się nie sterylizuje.

Puszki lub słoje są napełniane przy użyciu nadziewarek albo dozatorów, w przypadku słoików napełnienie wsadem powinno wynosić ok. 90% całkowitej objętości. Opakowania utwardzone z folii nieelastycznych są napełniane przy użyciu urządzeń dozujących wielofunkcyjnych. Wsad surowcowy konserw, np. kurczak w rosole, parówki, jest uzupełniany zalewami. Ilość zalewy (solanki) uzupełniającej masę konserwy stanowi znaczącą jej część (nawet do 50%), a często są stosowane wywary uzyskane po wstępnej obróbce termicznej surowców mięsnych [23]. Opakowania jednostkowe po napełnieniu powinny być przekazywane do zamykania i sterylizacji w ciągu 2 godzin. W przypadku konserw o niejednorodnym wsadzie, np. kura w rosole, stosuje się napełnianie ręczne, tj. tuszki wkłada się ręcznie do opakowań jednostkowych i dopiero wprowadza zalewę; do konserw z sosami początkowo dostarcza się część wsadu ciekłego, następnie podstawowy wsad mięsny i uzupełnia sosem do uzyskania wymaganej masy netto. Sosy i zalewy wprowadza się na

ciepło, żeby uzyskać wzrost podciśnienia w opakowaniach jednostkowych po zamknięciu. Wypełnianie opakowań nie może być nadmierne, gdyż prowadzi do bombażu technicznych, ale też objętość wsadu nie powinna być zbyt mała, ponieważ wówczas występują tzw. otwory powietrzne (ciemniejsza barwa). Dlatego korzystne jest napełnianie opakowań w warunkach obniżonego ciśnienia (między 0,02 i 0,09 MPa). Pozostawia się w tym wypadku minimalną objętość wolną, aby uniknąć tzw. bombażu technicznego w czasie obróbki puszek. Stosuje się kilka metod zamykania (ze względu na stopień wypełnienia puszek i metodę wypełnienia treści konserwy):

- 1) bez odpowietrzania (bez dopełniania zalewą),
- 2) z dopełnieniem zalewą,
- 3) w warunkach obniżonego ciśnienia (z odpowietrzaniem).

Wartość ciśnienia wewnętrznego w konserwie kształtuje się na różnym poziomie w zależności od systemu zamykania. Wpływ na nie mają: rozszerzalność termiczna wsadu (im wyższa zawartość wody, tym większy przyrost objętości), geometria opakowania (wąskie i wysokie opakowania są bardziej wrażliwe na działanie ciśnienia), przestrzeń pod wieczkiem (większa objętość – to mniejsze ciśnienie), zdolność opakowania do odkształcenia i kształt wieczka (profil żłobkowy, rowkowy itd.). Różnica ciśnień pomiędzy autoklawem a ciśnieniem wewnętrznym puszek nie może być większa niż 0,05–0,08 MPa, gdyż może dojść do odkształcenia wieczka. W przypadku opakowań szklanych rozciągane jest tylko wieczko metalowe, tj. ciśnienie wewnętrzne reguluje jedynie przestrzeń pod wieczkiem, która powinna wynosić 5–8%. Słoje twist off powinny być poddane ewakuacji powietrza przed zamknięciem [5].

W przypadku opakowań miękkich (laminatów z tworzyw sztucznych) różnica ciśnień nie może przekraczać 0,03 MPa, ale przy zastosowaniu nowoczesnych opakowań barierowych przeznaczonych do produkcji przetworów sterylizowanych przeciwcisnienie może być wysokie, gdyż materiały te są elastyczne. Proces ogrzewania wsadu stałego odbywa się wolno na zasadzie przewodzenia i dlatego w celu zachowania jakości produktu powinno być przeprowadzone stopniowo, w przypadku konserw w zalewie problem jest mniejszy, gdyż ciepło jest przekazywane na drodze konwekcji.

Ogrzewanie stopniowe można realizować techniką delta T; w przypadku konserw różnica pomiędzy temperaturą centrum opakowania a temperaturą w autoklawie może wynosić 10°C aż do uzyskania temperatury 115°C (w autoklawie), potem utrzymuje się do uzyskania pożądanej wartości F. Określenie warunków szczególnie procesu sterylizacji jest złożoną kwestią. Do oceny skutku sterylizacji wykorzystywana jest wartość  $F_0$  w zdefiniowanych warunkach. Jest to skutek ogrzewania ( $F=1$ ) w temp. 121,1°C w ciągu 1 min wartość letalna dla tych warunków wynosi  $z=10^\circ\text{C}$ . Wartość sterylizacyjna F jest sumą cząstkowych elementów letalnych działających przez określony czas w temp. powyżej 90°C [29]. Podaje się różne wymagane minimalne wartości F dla konserw, często wynoszą one 4–6. Konserwy zawierające mięso niepeklowane wymagają ostrzejszej obróbki sterylizacyjnej, tj.  $F>4$  niż z mięsa peklowanego  $F\sim$  ok. 3.

Wartość pasteryzacyjna P jest sumą cząstkowych elementów letalnych  $L_p$  działających przez określony czas w temp. powyżej 50°C. Jednostka wartości pasteryzacyjnej P odpowiada ogrzaniu przez jedną minutę w temperaturze odniesienia  $T_0$ . Nie ustalono jednak, tak jak w przypadku wartości  $F_0$ , jednej temperatury odniesienia; stosuje się wartości temperatur z przedziału od 68,8 do 73°C [9].



Typowym przykładem asortymentu konserw jest mielonka drobiowa. Jest tanim, średnio rozdrobnionym, sterylizowanym produktem drobiowym wytwarzanym z mięsa drobnego piersiowego drobiu lub mięsa udowego z indyka albo kury, stanowiących łącznie ok. 80% surowców mięsno-tłuszczowych z dodatkiem skórek (ok. 10%) oraz MOM (10%) użytych jako masa wiążąca. Jako substancje dodatkowe stosuje się peklosól (nie więcej niż 2,3% NaCl w finalnym wyrobie), białka sojowe (do 2%), dodatki smakowo-zapachowe, w tym glutaminian sodu (łącznie poniżej 1%). Wydajność produkcyjna wynosi ok. 160%, mogą być również stosowane surowce skrobiowe w ilości, która nie przekroczy 1,5% w wyrobie finalnym [33]. Mięso peklowane jest rozdrabniane i mieszane z wykutrowanymi skórkami i MOM oraz uwodnionym surowcem skrobiowym i białkami sojowymi, następnie za pomocą dozatora są napełniane puszki z wsadem, np. 110 g, zamykane i poddawane sterylizacji w 119°C według schematu czasowego: ogrzewanie 17 min, sterylizacja 17 min, chłodzenie 17 min do uzyskania temp. 25°C w sterylizatorze i we wsadzie konserwy poniżej 35°C (17 + 17 + 17).

Typowy pasztet (schemat blokowy na rys. 15.13) jest wytwarzany z mięsa drobiu z ewentualnym udziałem MOM (do 50% surowców mięsno-tłuszczowych), skórek drobiowych (do 20%), tłuszczu wieprzowego lub drobiowego (do 35%) oraz wątroby drobiowej (20–30%). Surowce mięsno-tłuszczowe z wyjątkiem wątroby są zazwyczaj poddawane gotowaniu a następnie wywar (rosół) wprowadzany do produktu w fazie kutrowania (emulgowania). Stosowane są substancje dodatkowe takie jak sól (do 2–3% w finalnym wyrobie), białka roślinne sojowe (do 3%), surowce skrobiowe: mąka ziemniaczana i kasza manna (łącznie do 6%), dodatki smakowo-zapachowe – przyprawy, m.in. pieprz biały (0,2%), oraz emulgatory 1–2% (mono- i diglicerydy lub w pasztetach wyższej jakości masa jajowa ok. 3%). Jako przeciwutleniaczy, ze względu na wysoką zawartość tłuszczu w pasztetach sterylizowanych, używa się askorbinianów i kwasu cytrynowego. W celu uzyskania pożądanej lepkości pasztetów stosowane są skrobie modyfikowane. Obecnie produkuje się szeroki asortyment pasztetów z dodatkami smakowymi: pomidorowy, pieczarkowy, z przyprawami (majeranek, papryka). Wydajność produkcyjna sięga 160% w stosunku do surowców mięsno-tłuszczowych. Surowce mięsno-tłuszczowe łącznie z wątrobą oraz z substancjami dodatkowymi są kutrowane z użyciem kutra emulgatora (kutra przelotowego) korzystnie w warunkach obniżonego ciśnienia. Po zastosowaniu zwykłego kutra przeprowadza się homogenizację przy użyciu młynków koloidalnych. Po homogenizacji farsz przewodem rurowym jest przepompowywany do urządzenia dozującego, gdzie pakuje się go do opakowań, a te są znakowane, zamykane i następnie sterylizowane. W coraz większym stopniu dominują opakowania laminowane z warstwą aluminiową, wytłaczane, a typowa gramatura pasztetu to tzw. jednoporcjowy 50 g. Większe opakowania określane są mianem „familijny” – 120–130 g. Nadal częstym opakowaniem jednostkowym są puszki blaszane z wieczkiem łatwo otwieralnym o wsadzie pasztetu od 90–130 g aż do 250–300 g. Warunki sterylizacji pasztetów w kubkach laminowanych á 50 g to 121°C (20 + 20 + 20) lub á 250 g – 121°C (20 + 50 + 20) dla puszek blaszanych [41].

Oznakowanie (kod) umieszczane na opakowaniu (puszce) z gotowym wyrobem musi podawać termin przydatności do spożycia, serię lub partię (jeden wsad do sterylizatora), a także musi istnieć możliwość identyfikacji producenta. Konserwy pasteryzowane powinny być przechowywane w temperaturze chłodniczej (0–4°C). Okres minimalnej trwałości wynosi 6 miesięcy. Konserwy sterylizowane trzeba przechowywać w pomieszczeniach

o temp. 5–18°C – okres minimalnej trwałości wynosi 12 miesięcy [33] bądź dłużej na podstawie badań przechowalniczych.

W ramach oceny konserw drobiowych przeprowadza się ocenę szczelności konserw, stanu opakowań, określa się masę netto konserwy zgodnie z wartością podaną przez producenta. Konserwy po sterylizacji są osuszane, w powietrzu, a następnie z wnętrza każdego kosza losowo pobiera się próby do oceny szczelności (opakowań) i sensorycznej konserw. Obligatoryjne jest przeprowadzenie próby termostatowej konserw przez 7 dni w 37°C, jeśli nie jest rejestrowany współczynnik  $F_0$  każdej szarży produkcyjnej. Ponadto przeprowadza się badania mikrobiologiczne oraz badanie cech organoleptycznych, w tym ocenę wyglądu, zawartości konserwy, barwy, zapachu, smaku oraz struktury i konsystencji, a także badania podstawowego składu chemicznego, w tym białka, tłuszczu, soli i skrobi oraz azotanów (III i V), również pozostałości metali szkodliwych dla zdrowia. Szczególnie istotna jest ocena wsadu konserwy. Dla konserw mięsnych w zalewach, rosółach lub sosach wsad musi zawierać mięso drobiu w formie tuszek, elementów lub uformowanego mięsa drobiowego zanurzone w zalewie lub sosie. Na powierzchni wsadu dopuszcza się warstwę tłuszczu, w przypadku tuszek lub elementów z kością nie może dochodzić do rozdzielania mięsa i kości. W konserwach typu szynk wymaga się, aby blok konserwy tworzył jednolitą bryłę z równomiernie rozłożonymi składnikami na przekroju (mielonki), dopuszcza się warstewki tłuszczu i galarety na powierzchni bloku charakteryzującego się dobrym związaniem kawałków mięśni. W przypadku szynk pasteryzowanych i sterylizowanych wymagana jest dobra kruchość i soczystość. Pasztety powinny być jednorodne i smarowne. Dopuszcza się niewielką ilość wydzielonego tłuszczu i galarety oraz pojedyncze grudki o miękkiej konsystencji we wsadzie. Konserwy sterylizowane i pasteryzowane muszą wykazywać ujemną próbę termostatową, pałeczki Gram-ujemne, z grupy *coli*, gronkowce chorobotwórcze, beztlenowe laseczki przetrwalnikujące muszą być nieobecne w jednym gramie produktu oraz w 25 gramach produktu pałeczki z rodzaju *Salmonella*. W konserwach pasteryzowanych ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych w 1 gramie produktu nie może być wyższa niż 1000 [33].

Tradycyjne opakowanie konserw jest jedną z przyczyn niskiej oceny tego typu produktów przez konsumentów, nowe możliwości stwarza użycie tworzyw sztucznych będących barierą dla wymiany gazowej, dających się łatwo zamykać oraz odpornych termicznie. Użycie takich opakowań pozwala na uzyskanie produktu sterylizowanego przypominającego produkt pasteryzowany. Zasadniczym problemem z użyciem tego typu opakowań (np. laminat PA/PP/EVOH) jest szczelność zamknięcia klipsem i „wykończenia” osłonki, w wyniku np. obróbki kwasowej i zalewania (zamaczania) końcówek osłonki w płynnym polimerze. Zupełnie nowym, bardzo interesującym opakowaniem jednostkowym są formy z polipropylenu, stosowane już w krajach o rozwiniętej technice produkcji konserw [5].

Nowoczesne urządzenia dozująco-pakujące spełniają kilka funkcji: pobranie opakowań, zamieszczenie kodu, dozowanie (napełnianie) opakowań, podawanie (nakładanie) wieczka, hermetyczne zgrzewanie wieczka z opakowaniem. Dozowanie odbywa się na zasadzie pneumatycznej, a farsz jest dozowany objętościowo. Urządzenia dozująco-pakujące pracują przy ciśnieniu 0,6 MPa, jednorazowym wsadzie technologicznym do 30–40 dm<sup>3</sup> i wydajności 800–2500 opakowań na godzinę (w zależności od gabarytów opakowania) [8]. Zamknięcie puszek metalowych i opakowań szklanych dokonuje się w zamkarkach automatycznych (pracujących w warunkach zwykłego ciśnienia i próżniowych) wyposażonych w głowice z wirującymi rolkami zawijającymi i dociskowymi. Pierwsze

mają za zadanie zawinąć brzegi puszek i wieczka, a drugie – docisnąć je (tzw. podwójna zakładka). W starszych technologiach produkcji konserw pasteryzowanych stosowano lutowanie podwójnej zakładki i odpowietrzanie pełnych puszek w tzw. bębnach ewakuacyjnych. Puszki aluminiowe oraz opakowania wielowarstwowe z folii zamyka się tzw. podwójnym spawem, gdzie spoiwem jest termoplastyczne tworzywo lub lakier. Istotny jest proces zamykania opakowań. Jeśli nastąpi zanieczyszczenie brzegów opakowania farszem lub innym materiałem, zgrzanie wieczka (tzw. platynki) jest nieskuteczne i konserwa musi być eliminowana. Dlatego też zamykanie opakowań prowadzi się w osłoniętej przestrzeni. Puszki po zamknięciu poddaje się obróbce termicznej (pasteryzacji, sterylizacji) w autoklawach o działaniu ciągłym lub okresowym, leżących, stacjonarnych lub rotoklawach, w których kosze wypełnione puszkami są obracane w trakcie procesu. Kolejnym etapem jest znakowanie opakowań kodem określającym producenta i okres trwałości produktu. Stosowane są znakownice automatyczne – głowicowe lub walcowe z czcionkami wypukłymi albo wklęsłymi (głowice dolne) lub obecnie często kodownice nanoszące nadruk na opakowanie.

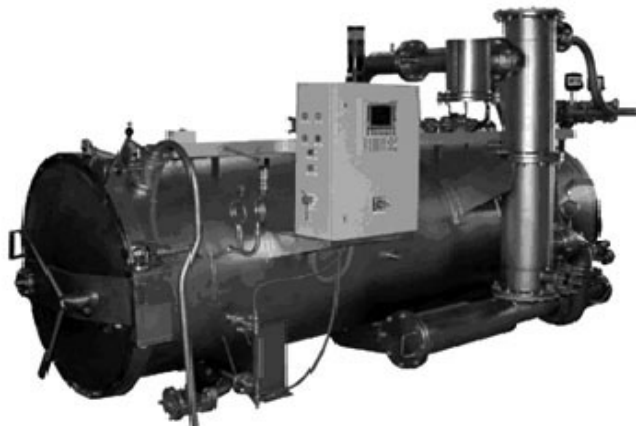
W procesie sterylizacji wyróżnia się następujące fazy: podgrzewanie (tzw. podchodzenie), tj. fazę wstępnego ogrzewania do temperatury sterylizacji, właściwą obróbkę cieplną, tj. sterylizację oraz chłodzenie. Zapis procesu jest podawany w formie  $118 (25 + 25 + 25)$ , gdzie liczba przed nawiasem oznacza temperaturę sterylizacji w stopniach Celsjusza, a liczby w nawiasie – czas w minutach. Chłodzenie musi być prowadzone w warunkach tzw. przeciwcisnienia zewnętrznego, które musi przeciwdziałać ciśnieniu wewnętrznemu w konserwie posiadającej wyższą temperaturę niż czynnik chłodzący. Szczególnie istotna jest pierwsza faza wychładzania po zakończeniu sterylizacji. Łagodne przejście ze sterylizacji do chłodzenia uzyskuje się w wyniku tzw. mikrochłodzenia, co pozwala uniknąć nagłego spadku ciśnienia i szoku termicznego, szczególnie podczas obróbki konserw w słojach szklanych i opakowaniach plastikowych.

Klasycznym typem sterylizatora, nadal powszechnie stosowanym w kraju, jest autoklaw leżący – składający się z dwóch kotłów (dolnych) oraz z zasobnika na wodę umieszczonego powyżej kotłów. Autoklaw przeciwcisnieniowy leżący pracuje w systemie sterylizacji i po załadowaniu kotła koszami z konserwami wypełnia się go wodą, utrzymując ciśnienie za pomocą pompy wodnej. Po zakończeniu obróbki cieplnej podaje się zimną wodę bez zmiany ciśnienia (przeciwcisnienie), jednocześnie odbierając ciepłą do zbiornika.

Sterylizacja konserw w autoklawie leżącym przebiega w następującej kolejności: po załadunku kosza dolnego wózkami z konserwami i hermetycznym zamknięciu doprowadza się wodę z zasobnika (kosza górnego), utrzymując w trakcie procesu odpowiednią temperaturę i stałe ciśnienie. Ciśnienie robocze można regulować przy użyciu pompy wodnej w zakresie do 0,4 MPa. Po skończeniu sterylizacji zimna woda pod takim samym ciśnieniem jak w procesie jest podawana od dołu kosza sterylizacyjnego i wypiera gorącą wodę do zasobnika przez otwarty właz łączący oba kotły. Woda w zasobniku jest wykorzystywana w następnym cyklu sterylizacji po podgrzaniu do warunków wymaganych technologią. Sterylizator wodny, tj. górny zbiornik, jest napełniony wodą do 3/4 objętości, która jest podgrzewana. W tym czasie prowadzi się załadunek wózków w walcu dolnym, zamyka pokrywę i wypełnia zbiornik dolny przy otwartym zaworze odpowietrzającym. Minusem sterylizatorów wodnych jest duże zużycie wody rzędu 3000 dm<sup>3</sup> dla autoklawu o objętości roboczej 5000 dm<sup>3</sup>. Nowocześniejszym rozwiązaniem są sterylizatory

natryskowe, mające system natrysku wody gorącej [7]. Ten jednozbiornikowy sterylizator produkowany jest również w Polsce przez Spomasz Pleszew (rys. 15.14).

W autoklawie tym woda podgrzewana na wymienniku ciepła jest rozpylana w części roboczej autoklawu wypełnionej konserwami. Wzrost ciśnienia jest osiągnięty w wyniku wprowadzenia do autoklawu sprężonego powietrza. Osiągane parametry to temperatura sterylizacji do 132°C, ciśnienie robocze 0,4 MPa, maksymalny załadunek 4 kosze o 0,37 m<sup>3</sup>, zużycie wody w cyklu 400 kg/wsad (a więc ponad 8-krotnie niższe niż w autoklawie wodnym) [42]. Autoklaw natryskowy pracuje w obiegu zamkniętym; ogrzewanie i chłodzenie wody odbywa się w wymienniku ciepła.



Rys. 15.14. Sterylizator natryskowy [42]

Natomiast autoklaw parowy jest ogrzewany bezpośrednio parą wodną, a wstępnie, sprężonym powietrzem. W trakcie pracy powstaje kondensat, który jest przepompowywany i rozpylany. W rotoklawach, w których część robocza autoklawu z wózkami wykonuje ruch obrotowy, sterylizowane są najczęściej pasztety. Ruch wózka powoduje wymieszanie zawartości konserw, co zapobiega rozwarstwianiu treści oraz powstawaniu warstwy tłuszczu i galarety pod wieczkiem przy jednoczesnym skróceniu procesu.

Autoklawy o działaniu ciągłym dzielą się na hydrostatyczne lub bębnowe. W urządzeniu bębnowym załadunek puszek do części o podwyższonym ciśnieniu odbywa się przez śluzę po torze spiralnym i są one transportowane w wyniku rotacji. Urządzenie składa się z podgrzewacza, kotła i chłodnic. Autoklaw ciągły bębnowy ma walcowy korpus, wewnątrz którego znajduje się bęben obrotowy z prowadnicami utrzymującymi puszki. Puszki wykonują ruch obrotowy wraz z bębniem, jak również ruch obrotowy wokół własnej osi i przesuwały się wzdłuż bębna po linii śrubowej. Po uzyskaniu odpowiedniej dawki ciepłej regulowanej przez ilość obrotów bębna puszki przez wyrzutnik kierowane są do oziębiacza, zbudowanego podobnie jak sekcja sterylizacji, ale pracującego w warunkach niskiej temperatury. Autoklawy ciągłe pracują w systemie „mokrym” (1/2 wypełnienia wodą) lub ogrzewane są parą. Urządzenia te są wyposażone w śluzę załadunkową i wyładunkową. Obecnie znane są również autoklawy pionowe parowe o działaniu ciągłym z automatycznym podawaniem i odbieraniem puszek [2].

## 15.4. Przetwory dietetyczne

Rozwój nowoczesnej nauki o żywieniu wymagającej obniżenia w diecie czynników ryzyka, wpływających szczególnie na rozwój chorób wieńcowych związanych ze spożyciem tłuszczu oraz sodu, zmusza przemysł przetwórczy do poszukiwania nowych form produktów charakteryzujących się obniżoną zawartością tych składników. Trend ten ma szczególnie istotne znaczenie w przetwórstwie mięsa drobiowego, odznaczającego się wysokimi i uznawanymi przez konsumentów walorami dietetycznymi.

Wymóg obniżenia kaloryczności przetworów drobiarskich może być realizowany w wyniku obniżenia ilości tłuszczu (produkty niskotłuszczowe i beztłuszczowe) lub obniżenia ilości (procent) kalorii z tłuszczu w diecie.

Redukcja lub zastąpienie tłuszczu w przetworach, szczególnie tych wytwarzanych tradycyjnie z jego wysokim udziałem (frankfurterki, pasztety itp.), musi się odbywać bez zasadniczej zmiany ich tekstury, smaku i zapachu a cena produktów niskotłuszczowych ma być zbliżona do ceny produktów typowych. Odnośnie do poziomu redukcji i stosowanych określeń można wykorzystać definicje prawne USA, gdzie produkty tzw. light lub lite to przetwory, w których obniżono o 50% zawartość tłuszczu z ewentualnym obniżeniem kaloryczności o 33%, podczas gdy przetwory definiowane jako niskotłuszczowe zawierają mniej niż 3% tłuszczu [22].

Można wyróżnić następujące sposoby obniżenia udziału tłuszczu (kaloryczności) lub jego zastąpienia w recepturach przez:

- a. Użycie mięsa niskotłuszczowego, np. zastąpienie MOM lub mięsa drobiu ze skórą albo skórek drobiowych wyłącznie chudym mięsem piersiowym lub z podudzi (ta metoda prowadzi do znacznego podniesienia ceny produktów).
- b. Wzrost ilości dodanej wody (zwiększenie wydajności produkcyjnej) – tylko do poziomu wymagań normatywnych (jeśli obowiązują).
- c. Użycie zamienników tłuszczowych następujących rodzajów [14]:
  - modyfikowane triacyloglicerole, w których wymieniono część długołańcuchowych kwasów tłuszczowych na krótkołańcuchowe (C2 – C10) przynajmniej na dwóch pozycjach (np. produkty komercyjne Kapremin, Salatrim) – mające wartość kaloryczną zbliżoną do cukrów (5 kcal/g);
  - syntetyczny poliester sacharozy Olestra wykazujący cechy tłuszczów (6–8 kwasów tłuszczowych dołączonych do hydroksylowych grup sacharozy) nie podlegający działaniu enzymów trawiennych i nie metabolizowany.
- d. Zamienniki białkowe, a szczególnie suszone, chude mleko odtłuszczone o zawartości białka ok. 35% oraz koncentraty (30–80% białka) i izolaty (powyżej 90% białka) białek serwatkowych, żelatyna typu A i B, a z białek roślinnych koncentraty (>70% białka) i izolaty (powyżej 90% białka) białek sojowych – należy jednak podkreślić, że zastąpienie tłuszczu dość drogimi białkami zwierzęcymi (np. surimi rybnym) nie jest często stosowane.
- e. Zamienniki węglowodanowe (skrobia i jej pochodne, hydrokoloidy, błonnik), w tym:
  - skrobie odporne, nietrawione z retrogradowanej amylozy znanej jako RS3;
  - karageny, które wiążą wodę, a mechanizm zastępowania tłuszczu polega na tworzeniu oddzielnej matrycy żelowej w produktach mięsnych, w tym drobno rozdrobnionych; podobieństwo do właściwości fizycznych tłuszczu polega na

- termoodwracalności żelu karagenu, który upłynnia się przy ogrzewaniu i zestala przy chłodzeniu, a jest stabilny w temperaturze pokojowej;
- gumę konjac – glukomannan tworzący silne elastyczne żełe w kombinacjach z karagenami, ksantanem lub mąką chleba świętojańskiego; stosowane są mieszanki konjac/karagen i skrobia w formie wstępnie zżelowanej jako składnik grubo rozdrobnionych kiełbas oraz w formie suchej do drobno rozdrobnionych wędlin o niskiej zawartości tłuszczu;
  - pektyny – zamienniki tłuszczu, np. produkt o nazwie Splendid, będący pektyną wysokometylowaną, wymagający jonów wapnia do żelowania;
  - błonnik, który jest wypełniaczem obniżającym kaloryczność przetworów drobiarskich; często stosowana jest celuloza lub karboksymetyloceluloza CMC jako dodatek do wędlin o obniżonej zawartości tłuszczu na poziomie do 7%; w małych dawkach podobnie jak pektyny powoduje korzystne wzmocnienie tekstury przetworów, w większych powoduje ziarnistość przetworów.

Zamienniki tłuszczu muszą wypełnić jego funkcje, które polegają na kształtowaniu cech plastycznych oraz związaniu przetworów, co m.in. umożliwia plasterkowanie lub w przypadku pasztetów nadaje określoną smarowność. Inną funkcją tłuszczu w przetworach jest spełnienie roli nośnika smaku i zapachu, gdyż wiele substancji smakowo-zapachowych ma charakter hydrofobowy. Ponieważ surowiec tłuszczowy jest zazwyczaj jednym z tańszych składników w zestawie recepturowym przetworów, obniżenie jego udziału prowadzi do zwiększenia kosztów produkcji wyrobów dietetycznych. Wzrost ten może zostać ograniczony, jeśli zamiennikiem jest mała ilość taniego hydrokoloidu o bardzo wysokiej zdolności wiązania wody. Jako jedną z form produktów drobiowych niskotłuszczowych można rozpatrywać wędliny wysoko wydajne, w których udział wody przekracza 70% a zawartość tłuszczu 10–15% przy zawartości białka ok. 8–10% bez użycia hydrokoloidów i węglowodanów. Jednakże wówczas niemożliwe jest obniżenie zawartości tłuszczu poniżej 10% ze względu na zmiany tekstury, a szczególnie utratę cech plastycznych, które może rekompensować tylko wprowadzenie składników węglowodanowych [24].

Klasyczne produkty o obniżonej kaloryczności są zestawiane recepturowo bez dodatku surowca tłuszczowego, a tłuszcz zawarty w produkcie pochodzi wyłącznie z surowca mięsnego. Jak podano wyżej, można mówić o dwóch typach produktów:

- a) o zawartości tłuszczu ok. 10% wytwarzanego m.in. z MOM (jednak o udziale tłuszczu nie więcej niż 20%) lub z mięsa drobiu ze skórą;
- b) rzeczywistych produktach niskotłuszczowych (poniżej 3% w finalnym wyrobie) wytwarzanych wyłącznie z mięsa najwyższej jakości bez skóry (filet). W przypadku tego rodzaju produktów o wysokiej wydajności często występuje problem zanizonego poziomu białka. Ten ostatni wskaźnik jest podnoszony w wyniku dodatku zwierzęcych białek niemięsnych (mleka, krwi) lub kolagenowych, czy też roślinnych, najczęściej sojowych.

Przykładowa receptura produktu o zawartości tłuszczu ok. 8% wytworzonego z MOM o zawartości tłuszczu 20% jest następująca: MOM ok. 40%, peklosól 1,8%, tripoli-fosforan sodu 0,5%, askorbinian sodu 0,05%, białko kolagenowe ze skór „drinde” 3%, izolat białka sojowego 1%, dodatek przypraw smakowo-zapachowych 0,5% (ilość zwiększona ze względu na nieobecność tłuszczu), karagen 0,5%, 2% pektyna z 0,08% dodatkiem cytrynianu wapnia – dodatek wody i lodu ok. 50,6% [21]. Proces technologiczny obejmuje:

wstępne rozdrobnienie mięsa w kutrze z dodatkiem soli peklujących i wody, następnie wprowadzenie suchej mieszaniny karagenu i białek oraz dodatków smakowo-zapachowych. Na ostatnim etapie wprowadzana jest uwodniona pektyna z solą wapnia (niezbędna do żelowania). Po kutrowaniu farsz jest nadziewany próżniowo w osłonki barierowe i parzony do temp. 72°C wewnątrz batonu.

Inną kategorią produktów są pasztety drobiowe niskotłuszczowe. Podstawowym składnikiem jest wątroba drobiowa ok. 20%, mięso z nóg kur (15%) oraz żołądki 8%, a także olej roślinny (10%), sól 2%, tripolifosforan 0,15%, mleko odtłuszczone 1,20%, skrobia 4%, karagen 0,5%, ekstrakty smakowo-zapachowe i przeciwutleniacz – kwas askorbinowy 0,05% – resztę stanowi dodana woda ok. 40%. Proces technologiczny obejmuje wstępną obróbkę termiczną mięsa z nóg i żołądków, ich rozdrobnienie przez szarpak, wprowadzenie rozdrobnionych składników do kutra, dodatek wody i lodu oraz ich homogenizację, wprowadzenie wątroby do kutra i kutrowanie do uzyskania jednorodnego homogenatu, dodanie przypraw, a także rozdrobnionego ugotowanego mięsa z nóg i żołądków. Pasztet może być zapiekany w formach aluminiowych do osiągnięcia 85°C w centrum geometrycznym lub wytwarzany jako konserwa sterylizowana w puszkach przy  $F = 2,5$  (110°C; 30 min) [21]. Dobrym surowcem do produkcji pasztetów niskokalorycznych jest także mięso kur po produkcji nieśnej, stosuje się do 50%, a nawet więcej mięsa z nóg kur w zestawie recepturowym.

Nową koncepcję stanowi wykorzystanie częściowo oczyszczonego kolagenu skóry drobiowej jako czynnika wiążącego wodę dodaną (do 300% w stosunku do skóry). Preparat kolagenu zostaje podgrzany w 60°C z dodaną wodą, tworząc żel wprowadzany następnie do dietetycznych produktów drobiarskich typu bologna w ilości do 30% [30].

Od niedawna składnikiem zestawów recepturowych, szczególnie produktów blokowych oraz drobno rozdrobnionych, jest błonnik. Stosowane są m.in. włókna pszenne i ziemniaczane w ilości 1–2% w stosunku do masy farszu. Ich zadanie polega na wiązaniu wody (wykazują lepsze właściwości niż skrobia) oraz nadaniu struktury włóknistej nadmiernie gumowatym przetworom drobno rozdrobnionym, szczególnie o obniżonej zawartości tłuszczu. Stosowanie błonnika zamiast tłuszczu jest korzystne w wyrobach blokowych i średnio rozdrobnionych, natomiast może pogarszać jakość produktów drobno rozdrobnionych [1, 3, 13].

Intensywne badania nad wędlinami dietetycznymi z drobiu przeprowadzone w latach 80. i 90. wykazały, że możliwości redukcji zawartości chlorku sodu w wędlinach drobiowych są ograniczone, gdyż poniżej poziomu soli 1,8–1,9% w finalnym wyrobie o różnej zawartości tłuszczu następuje pogorszenie tekstury, a szczególnie związania [10, 24]. Dlatego też dalsza redukcja poziomu sodu powinna się odbywać na drodze zastępowania chlorku sodu np. chlorkami magnezu i potasu. Problemem jest w tym wypadku odmienny profil smakowy KCl i  $MgCl_2$ ; w porównaniu z NaCl sole te są gorzkie, stąd zamiana sięga tylko od 25–50% NaCl (np. „salpeter” mieszanka NaCl i KCl). Obniżanie zawartości soli poniżej 2% przy jednoczesnym wzroście zawartości tłuszczu prowadzi do niestabilności termicznej przetworów i pogorszenia tekstury [24]. Z kolei duży wzrost udziału wody przy stałym dodatku soli (sile jonowej) wymaga zastosowania hydrokoloidów, aby uzyskać podobne cechy tekstury związane z cechami plastycznymi produktu.

Procedury technologiczne związane z obniżaniem ilości soli do poziomu 1,8–2,0% w finalnych wyrobach zapewniają już pożądany stopień redukcji sodu. Granicę, która jest akceptowana żywieniowo, stanowi 600 mg NaCl w standardowej porcji wyrobu [10].

## 15.5. Substancje dodatkowe oraz materiały pomocnicze w przetwórstwie drobiu

Definicja substancji dodatkowych według Dyrektywy UE 98/107 [12] obejmuje wszystkie substancje niespożywane zazwyczaj jako żywność i nieużytkowane jako jej składnik, a których wprowadzenie do żywności w celach technologicznych lub kształtowania cech sensorycznych powoduje, że stają się one składnikiem żywności lub oddziałują na jej cechy charakterystyczne.

Podstawowy wykaz substancji dodatkowych wynika z rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej [35] opartego o przepisy prawa europejskiego. Według tych przepisów wyróżnia się 25 grup substancji. Podział ten jest szczegółowy i ma tę wadę, że substancje wykazują cechy pozwalające zaliczyć je do wielu grup. Dlatego wygodniejszy jest podział proponowany przez niektórych autorów [15], który po pewnej modyfikacji przedstawia się następująco:

- 1) konserwanty,
- 2) przeciwutleniacze (reduktory),
- 3) dodatki kształtujące teksturę i właściwości funkcjonalne,
- 4) substancje smakowo-zapachowe i wzmacniające smakowość,
- 5) emulgatory,
- 6) barwniki.

### 15.5.1. Konserwanty i przeciwutleniacze (reduktory)

Grupa konserwantów i przeciwutleniaczy stosowanych w przetwórstwie drobiarskim została omówiona w rozdziale 12. Najbardziej rozpowszechnionym wśród konsumentów jest chlorek sodu stosowany jako sól warzona lub sól kamienna. Najczęściej używane konserwanty uznane za substancje dodatkowe to azotany, głównie azotan (III) sodu (E250 wg nazewnictwa unijnego) i w mniejszym stopniu azotan (V) sodu (E251), stosowane również jako sole potasowe. Spośród konserwantów wykorzystywanych do poprawy bezpieczeństwa mikrobiologicznego należy wymienić także octan sodu (E262) – konserwant używany w ilości *quantum satis*, a więc zgodnie z dobrą praktyką produkcyjną oraz mleczan sodu (E325) stosowany szczególnie do wydłużenia trwałości wędlin, w tym plasterkowanych [37].

Jako reduktory w procesie peklowania wprowadzane są głównie: kwas askorbinowy lub izoaskorbinowy, a właściwie ich sole sodowe – askorbinian sodu (E301) lub najczęściej ze względu na niższą cenę jego analog izoaskorbinian sodu (E316) w ilości 0,5–1 g/kg (w Polsce według zarządzenia Ministra Zdrowia [35] w ilości do 500 mg/kg). Właściwości przeciwutleniające wykazuje także dopuszczony do stosowania cytrynian sodu (E331), stosowany również jako emulgator w ilości 3 g/kg.

### 15.5.2. Dodatki kształtujące właściwości funkcjonalne i teksturę

Istotnym składnikiem solanek nastrzykowych są fosforany (patrz rozdz. 12), które w przetworach drobiarskich spełniają szereg ważnych funkcji, takich jak: wzrost pH przetworów, a przez to zwiększenie wodochłonności i stopnia związania wody m.in. poprzez zwiększenie ekstraktywności białek miofibrylarnych, stabilizację emulsji, chelatowanie



jonów metali, co zapobiega zmianom oksydacyjnym i kształtowanie smakowości. Najczęściej stosowany jest trifosforan sodowy TPP –  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  (E451) mocno alkaliczny, o silnym działaniu rozpuszczającym białka mięśniowe. TPP, którego 1% roztwór wykazuje pH 9,8, działa synergicznie z dodanym NaCl (szczególnie przy stężeniach od 2 do 5% chlorku sodu). Ponadto stosowane są długołańcuchowe polifosforany (E452) zwiększające wodochłonność i ograniczające ubytki termiczne, podnoszące również pH solanek peklujących. Spośród innych fosforanów dopuszcza się także: ortofosforany (E 339), pirofosforany (E 450) oraz cykliczne metafosforany, jednakże niektóre z tych soli wykazują kwaśny odczyn w roztworach i nie są one tak efektywne w działaniu jak TPP. Szczególnie korzystne do zwiększenia rozpuszczalności białek miofibrylarnych jest użycie wysoce alkalicznego (pH 1% roztworu 10,5) pirofosforanu sodu, będącego analogiem ATP i umożliwiającego dysocjację kompleksu aktomiozynowego. Ujemną stroną użycia fosforanów jest ich wpływ na profil smakowo-zapachowy przetworów. Szczególnie powyżej poziomu 0,3% w przeliczeniu na  $\text{P}_2\text{O}_5$  odczuwane są odchylenia smaku określane przez oceniających jako „mydlany” (jeśli użyto fosforanów silnie alkalizujących), „metaliczny” lub „piaskowy”. Mieszanki komercyjne są kombinacją kilku fosforanów, a udział poszczególnych składników jest tajemniczą poszczególnych firm.

Spośród substancji poprawiających zdolność wiązania wody i tłuszczu w produktach drobiarskich należy wymienić przede wszystkim zamienniki białek mięsa zarówno pochodzenia zwierzęcego, jak i roślinnego. Wprowadzenie tych substancji do przetworów drobiarskich pozwala obniżyć ich koszt, jednak często wpływa na jakość wyrobów i musi być deklarowana. Aktualnie stosuje się preparaty białkowe o wysokiej czystości, co w mniejszym stopniu powoduje odchylenia jakości finalnych przetworów. Najczęściej stosowane są koncentraty (powyżej 65–70% białka) i izolaty białek sojowych (90% białka) o wysokiej zdolności wiązania wody i tłuszczu, te ostatnie produkuje się również w formie preparatów o dobrej rozpuszczalności w solankach przeznaczonych do nastrzyku. Innym rodzajem zamienników są białka mleka, w tym kazeinian sodu otrzymany z kazeiny kwasowej po zobojętnieniu NaOH. Preparat ten o dobrej rozpuszczalności w roztworach wodnych słabo wiąże wodę, ale ma korzystne właściwości funkcjonalne w zakresie stabilizowania układów dyspersyjnych. Ze względu na swoje korzystne właściwości emulgujące stosowany jest m.in. w produkcji wędlin drobno rozdrobnionych i pasztetów. Innym rodzajem preparatu jest białczan sodu uzyskiwany z koprecypitatu białek mleka. Coraz szersze zastosowanie znajdują koncentraty lub izolaty białek serwatkowych o doskonałych właściwościach emulgowania i stabilizowania emulsji, a także różne formy białek kolagenowych o różnym stopniu termohydrolyzy, np. typu Drinde lub preparaty żelatyn o różnej masie cząsteczkowej. Żelatyna jest podstawowym składnikiem szeregu przetworów, takich jak: galantyny oraz salcesony, tworząc żel, w którym zawieszono są składniki stałe roztworów. Żelowanie wynika z termohydrolyzy składników przetworów lub poprzez stosowanie roztworów żelatyny handlowej. Żelatyna – produkt termohydrolyzy kolagenu występuje w dwóch zasadniczych typach: A – uzyskiwana metodą kwaśną (najwyższej jakości) oraz B – po obróbce alkalicznej kolagenu. Żelatyna jest rozpuszczalna w wodzie w temp. powyżej  $40^\circ\text{C}$ , w niższych temperaturach pęcznieje, wiążąc wodę. Rozpuszczalność jest zależna od wielkości cząsteczki. Preparaty o niższych cząsteczkach lepiej się rozpuszczają w wodzie o niższej temperaturze. Roztwory żelatyny po ochłodzeniu żelują, a żel jest termoodwracalny, po ogrzaniu żele topią się [25]. Preparaty o wysokich masach cząsteczkowych charakteryzują się zdolnością żelowania w niskich temperaturach, natomiast

żelatyny o małych masach cząsteczkowych są raczej wypełniaczami nie wykazującymi zdolności żelowania, ale mogą nadal spełniać rolę emulgatorów. Najważniejsza cecha, tj. żelowanie, jest wyrażana w stopniach Blooma wskazujących na siłę żelu. Stosując żelatynę, należy uwzględnić jej niską wartość odżywczą. Hydrolizaty żelatyny i kolagenu, nie wykazujące zdolności żelowania, są wykorzystywane jako składnik zwiększający zawartość azotu (białka) w produktach oraz kształtują profil smakowo-zapachowy.

Zdolność żelowania oraz właściwości nadawania cech tekstury przetworów drobiarskich w wyniku wiązania wody wykazują hydrokoloidy pochodzenia roślinnego lub mikrobiologicznego. Najczęściej stosowane są karageny (E407), estry kwasu siarkowego D i L galaktozy i 3,6 anhydro-D-galaktozy ekstrahowane z czerwonych wodorostów morskich. Najważniejsze znaczenie mają typy kappa i jota tworzące żełe oraz lambda o zdolności zwiększania lepkości (w wersji handlowej sprzedawany jako mieszanina kappa-lambda). Siła żelu rośnie ze wzrostem dodanych jonów potasu (kappa) lub wapnia (jota). Karageny żelują w fazie wychładzania przetworów drobiarskich (najczęściej wędzonek). Stosowane są w ilości 5 g/kg wyrobu, a wprowadza się je do mięsa razem z solankami nastrzykowymi, stąd jest wymagana ich rozpuszczalność. Karageny charakteryzują się niezwykle wysoką zdolnością wiązania wody, a elastyczność ich żeli zwiększa się przez dodatek innych hydrokoloidów (gum), a szczególnie mączki chleba świętojańskiego (E410) zawierającego głównie galaktomannan i tworzącej z  $\kappa$ -karagenem żel przypominający żelatynę [15]. Obecnie ze względu na wysoki koszt czystych preparatów karagenów są one zastępowane w funkcji wiązania wody przez zwiększony, w wyniku harmonizacji przepisów polskich i europejskich, dodatek fosforanów. Oprócz karagenów stosowane są także ksantany z mączką chleba świętojańskiego tworzące termoodwracalne żełe, jak również w produktach restrukturyzowanych alginiany (E401, 402, 404) wymagające w procesie żelowania obecności jonów Ca.

Kwas alginowy i alginiany (E400–405) są polisacharydami (kwas  $\beta$ -D-mannurowy i  $\alpha$ -L-guluronowy) pozyskiwanymi z glonów brunatnych. Sole kwasu alginowego są rozpuszczalne w wodzie i stosowane jako składniki powłok ochronnych jadalnych pokrywających produkty mięsne lub mięso kulinarne. Hydrokoloidy razem ze skrobią pełnią funkcję mimetyków zastępujących tłuszcz oraz wypełniaczy. Zadaniem wypełniaczy jest wiązanie wody dodanej do przetworów drobiarskich, a najczęściej stosowana jest skrobia ziemniaczana, pszenna lub kukurydziana w formie mąki albo w postaci preparatów skrobi modyfikowanej (utleniona E1404, acetylowana E1420, fosforany skrobi E1410 i E1412). Skrobia niemodyfikowana w przetwórstwie drobiarskim jest głównie substancją zagęszczającą lub wiążącą wodę. Korzystniejsze właściwości mają skrobie po modyfikacji chemicznej, np. skrobia utleniona (E1404) jest używana w produkcji konserw mięsnych z sosami, gdyż jest odporna na obróbkę termiczną, tworzy miękkie klarowne żełe czy też klarowne kleiki (wykorzystywane w produkcji zup w proszku). Dodatki skrobiowe nie zwiększają zdolności emulgowania ze względu na brak białek w swoim składzie lub ich znikomą ilość. Są coraz powszechniej stosowane jako główny składnik panierów.

Funkcje wypełniacza w produktach drobiarskich w coraz większym stopniu spełnia celuloza – homoglukan zbudowany z glukopiranozy i jej pochodne (E460–469), tworzący razem z pektynami i hemicelulozami błonnik pokarmowy. Wprowadzana jest do produktów (głównie dietetycznych) w formie mikrokystalicznej lub sproszkowanej, a jej pochodna karboksymetyloceluloza (CMC) wykorzystywane jest w produkcji osłonek sztucznych

[37]. Obecnie na rynku występuje duża różnorodność preparatów błonnika, m.in. z owoców cytrusowych i jabłek.

### 15.5.3. Substancje smakowo-zapachowe

Dodatki słodzące, głównie cukry (będące składnikiem żywności, a nie substancją dodatkową) są dodawane w celu poprawy profilu smakowo-zapachowego, a szczególnie maskowania smaku słonego, kształtowania finalnej barwy przetworów w wyniku przebiegu reakcji Maillarda oraz jako źródło węgla w mikroorganizmach w procesach fermentacji przebiegających w wędlinach dojrzewających w wyniku dodania kultur starterowych. Najczęściej stosowane są cukry redukujące, szczególnie glukoza będąca składnikiem solanek peklujących w wędzonkach surowych.

Z kwestią kształtowania jakości smaku i zapachu przetworów drobiarskich związane jest stosowanie przypraw i substancji kształtujących barwę. Znacząca część przypraw zawiera oprócz substancji będących nośnikami smaku i zapachu czynniki o działaniu antyoksydacyjnym oraz hamującym rozwój niepożądaną mikroflory. Przyprawy są wysuszonymi częściami roślin cechującymi się wysoką zawartością naturalnych aromatów. Jako przyprawy wykorzystuje się: korzenie roślin (imbir), korę (cynamon), kwiaty (szafran), liście (majeranek), owoce (papryka, pieprz) lub pączki kwiatowe (goździki). Stosowane są także warzywa o specyficznym aromacie i smaku, głównie cebula i czosnek. Przypraw używa się w formie naturalnej, często sproszkowanej, ale coraz częściej w postaci ekstraktów (wyciągów) lotnych i nielotnych substancji smakowo-zapachowych. Na przykład preparat otrzymany z rozmarynu o wybitnych właściwościach antyoksydacyjnych jest rozprowadzany wyłącznie w formie oleju. Wprowadzanie składników smakowo-zapachowych w formie ekstraktów jest mniej niebezpieczne w odniesieniu do zakażenia mikrobiologicznego (wysokiego w przypadku tradycyjnych form) przypraw, gdyż w procesach ich pozyskiwania stosuje się wysokie temperatury destylacji lotnych składników przypraw i organiczne ekstrahenty. Ekstrakty przypraw są najczęściej наносzone na stałe nośniki, takie jak dekstroza, maltodekstryny lub sól i w tej formie wprowadzane do produktów. Stosowane są także inne formy wyciągów z przypraw, jak np. esencje, sole przyprawowe itp. [28].

Przedstawicielem grupy związków wzmacniających smak jest sól sodowa kwasu glutaminowego (E 621), która stosowana w ilości 0,1–0,8% wzmacnia smakowitość mięsa i produktów drobiarskich. Korzystną cechą użycia glutaminianu jest możliwość obniżenia ilości dodawanej soli, gdyż wzmacnia on odczucie słoności. Wzmocnienie smaku „mięsnego” przetworów o słabym profilu smakowo-zapachowym jest szczególnie istotne w produktach drobiarskich (w tym z mięsa kurcząt). Dodatek ten powinien być stosowany rozważnie, gdyż pewna część populacji konsumentów wyczuwa go, oceniając negatywnie przetwory. Inne substancje wzmacniające lub podkreślające smak mięsny to hydrolizaty białkowe (w tym typu maggi) oraz sole kwasu inozynowego i rybonukleotydy.

### 15.5.4. Emulgatory

Najczęściej używany jest kazeinian sodu (E469), szczególnie do emulsji przygotowywanych na ciepło (pasztety). Jako emulgator powszechnie stosowana jest lecytyna (E322) – mieszanina fosfolipidów z dominującym udziałem faszfatydylocholino (lecytyny) i faszfatydyloetanoloaminy (kefalityny). W przemyśle drobiarskim jako forma preparatów oczyszczonych (90÷95% fosfolipidów) – jest doskonałym emulgatorem emulsji typu O/W,

np. pasztetów. Zastosowanie w produktach emulgowanych znalazły mono- i diglicerydy kwasów tłuszczowych (E 471) – jako mieszanina po katalitycznej transestryfikacji lub syntezy glicerolu z kwasami tłuszczowymi. Szczególnie monoacyloglicerole są powszechnie stosowane w produkcji tanich, wysokotłuszczowych pasztetów.

### 15.5.5. Barwniki

W grupie barwników tylko nieliczne, tj. naturalne i identyczne z naturalnymi, są stosowane w przetwórstwie (w produkcji kielbas i pasztetów) ze względu na ograniczoną ilość substancji dopuszczonych do stosowania [35]. Do wykorzystywanych należą: koszenila (E120) – naturalny barwnik czerwony (do 100 mg/kg produktu), karmel jasny (E150a) i jego sole – brunatny barwnik naturalny uzyskany po obróbce termicznej jadalnych węglowodanów stosowany zgodnie z dobrą praktyką produkcyjną (*quantum satis*), karoteny (E160a) w ilości do 20 mg/kg, annato (E160b) – barwnik naturalny z grupy karotenów uzyskiwany z okrywy nasiennej drzew tropikalnych *Bixa orellana* o barwie pomarańczowo-żółtej lub czerwonej oraz czerwień koszenilowa (E124) barwnik syntetyczny do salami.

### 15.5.6. Materiały pomocnicze w przetwórstwie drobiarskim

Podstawowymi materiałami pomocniczymi w przetwórstwie są osłonki, folie oraz opakowania jednostkowe finalnych produktów. Wyróżnia się następujące rodzaje osłonek i folii opakowaniowych:

- a. Osłonki naturalne – to składniki przewodu pokarmowego dużych zwierząt rzeźnych po oczyszczeniu i konserwacji w soli. Są one przepuszczalne dla wody, gazów i składników dymu wędzarniczego. Wykazują właściwość skurczu podczas obróbki termicznej podobnie jak produkt. Większość osłonek tego typu jest jadalna. Wadą tych osłonek jest brak wyrównania średnicy (kalibru).
- b. Osłonki kolagenowe – wytwarzane z preparatów kolagenu izolowanego ze skór zwierząt rzeźnych. Charakteryzują się jednolitą średnicą, gdyż na ostatnim etapie obróbki są ekstrudowane w formie rękawa. Mają wyższą wytrzymałość mechaniczną niż osłonki naturalne. Osłonki te są jadalne (oprócz osłonek o dużej grubości przygotowywanych do nadziewania przetworów w batony o dużej średnicy), przepuszczalne dla wody i dymu wędzarniczego oraz podobnie jak osłonki naturalne ulegają skurczowi w trakcie obróbki termicznej produktu. Nowościami w zakresie osłonek kolagenowych są typowe produkty wytworzone na bazie kolagenu świńskiego, nie budzące żadnych zastrzeżeń natury bezpieczeństwa żywności, jak również osłonki wędliniarskie z masy kolagenowej nanoszonej metodą koekstruzji na farsz wytwarzany metodą ciągłą i wypływający z dyszy automatu produkcyjnego. Masa kolagenowa powlekająca jest nanoszona dwuwarstwowo w przeciwnych kierunkach. Osłonka jest następnie utwardzana w specjalnej kąpieli i osuszana, może być ona nanoszona nie tylko na parówki, ale również mniejsze porcje innych produktów.
- c. Osłonki i folie celulozowe. Z celulozy wytwarzane są osłonki o różnej średnicy, najczęściej do 15 cm. Są one jednolite i stosunkowo wytrzymałe, nadają się do automatycznego nadziewania farszów. Są to osłonki niejadalne, które muszą być usuwane z produktu przed spożyciem. Są przepuszczalne dla wody i dymu, mogą być barwione oraz można na nie nanosić wydruki. Osłonki te mogą być

pokrywane materiałami odpornymi na działanie wody. Stosowane są osłonki celulozowe cienkie, marszczone (nawiązujące do osłonek cienkich, baranich – waltong). Jednym z głównych kierunków ich wykorzystania są osłonki zdejmowane (typu – peel off) z kiełbas parzonych, drobno rozdrobnionych. Do zawijania mięśni przeznaczonych do produkcji szynek, baleronów i poledwic używa się folii wiskozowej o gramaturze ok. 30 g/m<sup>2</sup>, charakteryzującej się nieprzepuszczalnością pary wodnej oraz substancji smolistych zawartych w dymie, nie pogarsza to jednak barwy po procesie wędzenia. Po obróbce termicznej jest łatwo ściągana z produktu wraz z siatką. Zarówno osłonki, jak i folie są wytwarzane z regenerowanej celulozy poddawanej uszlachetnieniu (powlekanie, laminowanie) w celu obniżenia przepuszczalności pary wodnej.

- d. Osłonki i folie z tworzyw sztucznych, w tym barierowe – używane do kiełbas i wędzonek parzonych, o różnym stopniu nieprzepuszczalności wody i gazów (tlenu). Mogą być wytwarzane w dowolnych rozmiarach (średnicach), ponieważ charakteryzuje je wysoka wytrzymałość mechaniczna. Są one ekstrudowane, stąd charakteryzują się jednakową wytrzymałością na całej długości i obwodzie. Można je dowolnie barwić i drukować, są często nieprzezroczyste i chronią barwę produktu przed działaniem światła (szczególnie promieniowania UV). Wytwarza się je najczęściej jako wielowarstwowe laminaty z kilku rodzajów tworzyw.
- e. Osłonki tekstylne – do przetworów o wysokiej jakości i specjalnego przeznaczenia, wykonane z bawełny impregnowanej tworzywami sztucznymi.

Ponadto do materiałów pomocniczych zalicza się:

- a) formy metalowe i plastikowe – służące do nadawania kształtu przetworom blokowym, formy w prasie do szynek, w które wkładany jest produkt nadziewany do osłonek barierowych, np. celulozowo-polietylenowych (ich rozmiary i opis podano w rozdz. 15.1);
- b) puszki do sterylizacji – w tym klasyczne metalowe z wieczkiem, jak również formy aluminiowe i plastikowe z aluminiowym (najczęściej laminat) zgrzewanym wieczkiem (tzw. płatynka);
- c) opakowania szklane – słoiki do konserw sterylizowanych.

Jako opakowania jednostkowe do konserw drobiowych (głównie pasztetów) stosowane są słoje ze szkła bezbarwnego o wytrzymałości mechanicznej na ściskanie rzędu 200–500 MPa. Słoje są opakowaniami szeroko otworowymi (stosunek średnicy otworu wlewowego do maksymalnej średnicy wynosi więcej niż 0,5), o typowych objętościach od 0,1 do 1,0 dm<sup>3</sup> z zamknięciem typu twist-off (od 4 do 8 zaczepów) i średnicy 43–110 mm [16].

Znacznie częściej niż opakowań szklanych używa się klasycznych puszek stalowych z niskowęglowej blachy stalowej, białej (ocynkowanej – obecnie dąży się do zmniejszenia ilości cyny nawet do 1 g/m<sup>2</sup>). Stosowane są puszki z blachy cienkiej (0,16–0,22 mm), dwuczęściowe (z wieczkiem) płasko tłoczone. Wieczka łatwo otwierane pokryte są ochronną powłoką lakieru z żywic epoksydowo-fenolowych [38]. Znacznie szersze zastosowanie, szczególnie do pakowania pasztetów sterylizowanych, znalazły laminaty aluminium i tworzyw sztucznych lub pokryte tworzywami folie, z których wytłacza się pojemniki albo tzw. kubki np. o objętości 125 cm<sup>3</sup>, średnicy 80 mm i wysokości ok. 35 mm, i grubości

ok. 0,1 mm. Kubki od wewnątrz są pokrywane polipropylenem (również wieczka), od zewnątrz lakierowane.

Najbardziej asortymentowo rozbudowaną grupę opakowań jednostkowych, również do konserw, stanowią wyroby z tworzyw sztucznych. Z polimerów dopuszczonych do kontaktu z żywnością najczęściej stosowane są: poliamidy PA, polipropylen PP, polietylen PE (głównie niskiej gęstości, tzw. PELD), kopolimery polichlorku winylu i winylidenu (PVdC), polistyren PS, estry kwasu politereftalowego – poliestry PER (tab. 15.4).

Tabela 15.4

Budowa chemiczna polimerów wykorzystywanych w produkcji opakowań i osłonek

Polimer	Wzór
PE polietylen odmiany PELD, PEHD	$\left[ -\text{CH}_2-\text{CH}_2- \right]_n$
PP polipropylen	$\left[ -\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}- \right]_n$
PS polistyren	$\left[ -\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}- \right]_n$
Kopolimer PVdC polichlorek winylu i winylidenu	$\left[ -\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}- \right]_{\text{mer}} \left[ -\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\overset{\text{Cl}}{\text{C}}}- \right]_n$
Kopolimer EVOH etylenu z alkoholem winylowym	$\left[ -\text{CH}_2-\text{CH}_2- \right]_{\text{mer}} \left[ -\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}- \right]_n$
PA poliamid	$\left[ -(\text{CH}_2)_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}- \right]_n$
Jonomer PET Poliester estry kwasu politereftalowego	$\left[ -\text{CH}_2-\text{CH}_2- \right]_{\text{mer}} \left[ -\text{CH}_2-\overset{\text{O}^-}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}- \right]_n \text{Na}^+$

Folie opakowaniowe wykazują cechę kurczliwości uzyskaną w wyniku tzw. orientowania, tj. rozciągania folii w temperaturze powyżej punktu topnienia (folia stretch). W związku z powyższym, syntetyczne folie opakowaniowe dzielą się na niekurczliwe (PE i PP) i kurczliwe, w tym termokurczliwe (orientowane PVC/PVdC i PET) oraz rozciągliwe (stretch LDPE i PA) [11, 26].

Podstawowe grupy osłonek i folii opakowaniowych stanowią materiały o właściwościach barierowych w stosunku do gazów (przede wszystkim  $O_2$ ) oraz materiały niemające właściwości, ale odporne na przenikanie pary wodnej. Folie i osłonki przenikalne dla gazów są laminatami najczęściej trójwarstwowymi, a ich zdolność przenikania  $O_2$  kształtuje się na poziomie kilkudziesięciu  $cm^3 O_2/m^2 \times 24 \text{ godz.} \times 0,1 \text{ MPa}$  (tab. 15.5).

Tabela 15.5  
Charakterystyka migracji gazów i pary wodnej przez materiały opakowaniowe z tworzyw sztucznych [3, 23, 26, 31]

Folie i osłonki	Materiał	Przepuszczalność $O_2$ ( $cm^3/m^2 \times \text{doba} \times 0,1 \text{ Mpa}$ )	Przepuszczalność $CO_2$ ( $cm^3/m^2 \times \text{doba} \times 0,1 \text{ Mpa}$ )	Przepuszczalność wody ( $g/m^2 \times \text{doba}$ )
Przepuszczalne dla gazów	PET/PE(12/60)	67	150	–
	PA/PE (12/60)	50	118	–
	PA bez EVOH	35	–	6
Barierowe	PET/SiO <sub>2</sub> /PE (60)	1	6	–
	PA (5w-w) z EVOH	3	–	6
	PA z EVOH osłonka	19	–	16
	PA (60)	8 ÷ 11	–	16
	EVOH	0,4	–	22

Charakteryzują się one najczęściej grubością rzędu 40–60  $\mu m$  oraz są kurczliwe lub niekurczliwe, a także w przypadku folii termokurczliwe [3]. Stosuje się folie PVdC rozciągliwe do pakowania na gorącym stole lub na automatach pakujących oraz termokurczliwe, oparte o kopolimery PVC i PVdC (najbardziej znany przykład to folie Cryovac).

Folie i osłonki barierowe są to materiały wielowarstwowe, obecnie często 5-warstwowe, przy czym warstwą barierową jest EVOH kopolimer etylenu z alkoholem winylowym bądź warstwa tlenku glinu, a w najnowszych generacjach opakowań „ceramiczna” warstwa tlenków krzemu ( $SiO_x$ ) o małej grubości (poniżej 10  $\mu m$ ). Właściwości nieprzepuszczania tlenu mają także lakierowane osłonki PVdC. Warstwy podstawowe stanowi najczęściej poliamid (zewnątrzną i wewnętrzną), pozostałe PETP, PP, PE oraz tworzywo adhezyjne [31]. Wyróżnia się folie barierowe twarde i miękkie wytwarzane technologią koekstruzji płaskiej oraz folie laminowane z możliwością nakładania nadruków wielokolorowych międzywarstwowo i powierzchniowo.

Folie używane są we wszystkich występujących na rynku automatach pakujących do wytłaczania i termoformowania opakowań. Są przystosowane do pakowania zarówno w próżni, jak i atmosferze kontrolowanej produktów. Do pakowania w próżni lub osłonie gazowej na rolowych automatach do termoformowania stosuje się wielowarstwowe folie miękkie o klasycznej budowie poliamid/polietylen (PA/PE) w przedziale grubości 55–400  $\mu m$ . Folie te powinny charakteryzować się: niskimi temperaturami zgrzewania i formowania, wysokimi właściwościami tworzenia bariery dla przenikania gazów, pary wodnej

i promieni UV, dobrą odpornością na uszkodzenia mechaniczne (przebicie i zgniatanie), dużą przezroczystością i połyskiem, chronić przed utratą wilgotności (bariera ochronna przed wymianą wody).

Osobnym rodzajem opakowań są folie stosowane do pakowania drobiu w formie tuszek lub elementów w warunkach obniżonego ciśnienia albo atmosfery modyfikowanej. W przypadku pakowania bez próżni stosowane są klasyczne styropianowe (PS) tacki, na których układane są elementy lub mięso drobiu i opakowane folią typu stretch (rozciągliwą) niebędącą barierą dla wymiany gazów.

Nowoczesnymi formami są tacki ze spienionego polipropylenu, który w formie taśmy może być poddawany wytlaczaniu w maszynach rolowych umożliwiającymi głębokie tłoczenie folii spienionych. Tacki takie charakteryzują się grubością 1200  $\mu\text{m}$  i są trójwarstwowe, barierowe (pakowanie próżniowe lub w atmosferze modyfikowanej) w układzie  $\text{PP}_x/\text{EVOH}/\text{PE}$ . Folia pokrywająca jest głównie laminatem  $\text{PET}/\text{SiO}_x/\text{PE}$  z warstwą przeciwwoszącą (zapobiegającą kondensacji wody na opakowaniu) grubości 65  $\mu\text{m}$ . Jako tacki barierowe stosowane są też bardziej konwencjonalne laminaty, np.  $\text{PS}/\text{EVOH}/\text{PE}$  o grubości 500  $\mu\text{m}$ .

Do produktów mrożonych stosuje się jako folię dolną spieniony PP [18], a warstwę wierzchnią – PE. Do pakowania szynek poddawanych procesowi gotowania szczególnie jako wyrób blokowy używa się folii o grubości 120 i 230  $\mu\text{m}$ , wytrzymujących wielogodzinne gotowanie w temp. 70–80°C. Folie te charakteryzują się: dobrym obkurczeniem wtórnym eliminującym powstawanie galarety, niskimi temperaturami formowania, łatwym oddzielaniem od zapakowanego produktu bez rozwarstwiania go. Do pakowania produktów plasterkowanych, pakowanych w osłonie gazów, wykorzystuje się folie twarde z amorficznego poliestru o grubościach od 100–1500  $\mu\text{m}$ . Folie mogą być barwione na dowolny kolor, drukowane lub metalizowane.

Coraz powszechniejsze jest stosowanie tzw. opakowań utwardzonych, szczególnie do przetworów drobiarskich konfekcjonowanych lub plasterkowanych. Produkowane są dwa podstawowe typy tych opakowań zapewniających łatwe oddzielenie górnej folii przez oderwanie tzw. „peel” lub umożliwiające ponowne zamykanie tzw. „reclosable” Folie przykrywkowe w tego typu opakowaniach są wytwarzane z następujących laminatów:  $\text{PA}/\text{PE}$ ,  $\text{PA}/\text{PE}$ ,  $\text{PET}/\text{PE}$ .

Do pakowania świeżego mięsa, elementów z kością oraz tłustych wyrobów wędliniarskich stosuje się folie wyposażone w warstwę zgrzewalną z jonomeru (m.in. o nazwie Surlyn), który pozwala na idealne zgrzewanie powierzchniowe folii i uniemożliwia rozhermetyzowanie uformowanego opakowania. Do pakowania próżniowego wędlin plasterkowanych wykorzystane są torby z podłożem metalizowanym w kolorach srebrnym i złotym  $\text{PET}/\text{PE}$  (12/60 mm). W przypadku pakowania materiałów wymagających większej wytrzymałości na przebicie używa się torebki  $\text{PA}/\text{PE}$  o grubości 100  $\mu\text{m}$  (odpowiednio 30 i 70  $\mu\text{m}$ ).

Do mięsa kulinarnego z dużych zwierząt rzeźnych wprowadzono nowe formy opakowań, produkt umieszczony na tacce PS jest pakowany w dwie warstwy folii – wewnętrzna jest przepuszczalna dla  $\text{O}_2$ , zewnętrzna stanowi barierę dla tlenu. Folia zewnętrzna jest zdejmowana po dostarczeniu do punktu sprzedaży detalicznej, co umożliwia odtworzenie właściwej barwy mięsa (oksymioglobiny) po odzyskaniu kontaktu z  $\text{O}_2$ . Odmianą tej generacji opakowań jest również dwuwarstwowa folia PVC wewnętrzna oraz zewnętrzna bariera o właściwościach pochłaniania tlenu lub folie zawierające pochłaniacz w swojej



strukturze, bądź opakowania z absorberami tlenu w formie saszetki, najczęściej z solami żelaza II.

Osobną grupą są opakowania tzw. inteligentne lub aktywne, które w pierwszej grupie wskazują np. przerwanie łańcucha chłodniczego poprzez zmianę zabarwienia termoczułej substancji chemicznej albo immobilizowane są specyficzne przeciwciała na membranie będącej częścią opakowania, które wchodzi w reakcję z bakteriami chorobotwórczymi lub ich toksynami, zmieniając zabarwienie. Do opakowań syntetycznych aktywnych wprowadza się substancje bakteriobójcze i bakteriostatyczne, takie jak nizyna i lizozym, umożliwiając wydłużenie trwałości produktów [39].

Przyszłościową dziedziną jest rozwój opakowań biodegradowalnych, tworzonych z surowców naturalnych takich jak: białko sojowe, skrobia modyfikowana, pochodne celulozy, kolagen. Surowce te wykorzystywane są do produkcji folii ekstrudowanych, jednak ich grubość ponad 10-krotnie przekracza parametry folii z tworzyw sztucznych przy niższej wytrzymałości mechanicznej. Wydaje się, że dopiero wprowadzenie korzystnych rozwiązań prawnych w zakresie ochrony środowiska zmusi przemysł do wykorzystywania tych drogich i dziś jeszcze niedoskonałych opakowań.

Urządzenia do pakowania stanowią zgrzewarki do folii, urządzenia komorowe do pakowania próżniowego, „gorące stoły” do pakowania oraz tunele do nakładania folii termokurczliwej, automaty rolowe do termoformowania. Maszyny pakujące – rolowe lub FFS (form, fill, seal, to jest obejmujące formowanie opakowania, jego napełnienie i zamknięcie). Ich nazwa pochodzi od wykorzystania folii termoplastycznej w formie roli, z której tworzone są opakowania w wyniku podgrzania folii. Kolejnym etapem jest formowanie jako rezultat usunięcia powietrza z formy, zastosowania nadciśnienia lub przez wytłoczenie (też w przypadku form aluminiowych). Formy są napełniane produktem, a następnie do góry jest podawana folia zamykająca i zgrzewana z dolną formą.

## 15.6. Streszczenie

W rozdziale przedstawiono charakterystykę podstawowych rodzajów wędlin drobiowych, w tym: technologię produkcji kiełbas grubo, średnio i drobno rozdrobnionych, a także wędzonek, w tym surowych i parzonych, z wydzieloną grupą szynki i polędwicy drobiowych. Podano przykłady tradycyjnych przetworów o wysokiej jakości i niskiej wydajności produkcyjnej oraz nowoczesnych rodzajów przetworów, w tym wyrobów blokowych, formowanych o wydłużonej trwałości przechowalniczej. Przedmiotem opisu jest także technologia produkcji przetworów podrobowych, głównie pasztetów. Tym ostatnim przetworom poświęcono wiele uwagi w części dotyczącej konserw drobiowych, gdzie omówiono podstawy technologii i produkcji głównie konserw sterylizowanych oraz procesy jednostkowe w czasie ich wytwarzania i działania urządzeń wykorzystywanych do tej produkcji. Przedstawiono także podstawy opracowywania i tworzenia zestawów recepturowych produktów dietetycznych z mięsa drobiu. Wdrażanie nowych technologii przetwórstwa jest oparte o stosowanie szerokiej gamy substancji dodatkowych, w tym konserwujących i funkcjonalnych. Rozszerzenie asortymentu produktów drobiarskich jest w dużej mierze związane z rozwojem opakowań, w tym szczególnie z tworzyw sztucznych, będących dzisiaj nie tylko materiałem do produkcji osłonek i folii opakowaniowych, ale również opakowań jednostkowych do konserw sterylizowanych.

## Piśmiennictwo

- [1] Adamczak L., Słowiński M., Ruciński M.: 2003. Wpływ dodatku  $\kappa$  karagenu, izolatu białka sojowego i błonnika pszennego na jakość technologiczną niskotłuszczowych kielbas drobno rozdrobnionych. *Technol. Aliment.*, 2 (2), 85–93.
- [2] Anonim: 2000. Autoklawy wodne w technologii żywności. *Mięso i Wędliny.*, 2, 46–52.
- [3] Anonim: 2000. Osłonki naturalne i sztuczne. *Mięso i Wędliny, Dodatek specjalny*, 3–22.
- [4] Anonim: 2000. Wędzonki w osłonkach. 2. Produkcja peklowanych, parzonych produktów formowanych. *Mięso i Wędliny*, 1, 34–38.
- [5] Anonim: 2002. Produkcja konserw ekologicznych. *Mięso i Wędliny*, 5, 38–42.
- [6] Anonim: 2002. Kryteria oceny jakości w produkcji kielbas parzonych. *Mięso i Wędliny.*, 7, 32–33.
- [7] Anonim: 2003. Autoklaw natryskowy FMC z systemem zarządzania procesem termicznym LOG-TEC™. Materiały firmy FMC/IES Polska.
- [8] Anonim: 2003. Mat. firmy Unipak-pakowarka.
- [9] Anonim: 2003. Zintegrowany system automatyki dla procesów sterylizacji i pasteryzacji żywności. *Mat. Baumatic Automatyka Przem. Poznań*.
- [10] Barbut S.: 2002. *Poultry products processing*. CRC Press. Boca Raton.
- [11] Cichoń Z.: 1996. *Nowoczesne opakownictwo żywności*. Ossolineum. Wrocław.
- [12] Council Directive 89/107/EEC of 21 December 1988 on the approximation of the laws of the Member States concerning food additives authorized for use in foodstuffs intended for human consumption. *Offic. J. L 040*, 11/02/1989, 0027–0033.
- [13] Dolata W., Piotrowska E., Makąła H., Krzywdzińska-Bartkowiak M., Olkiewicz M.: 2002. Wpływ częściowego zastąpienia tłuszczu błonnikiem ziemniaczanym na kształtowanie jakości farszów i drobno rozdrobnionych produktów mięsnych. *Technol. Aliment.*, 1, 5–12.
- [14] Duda Z.: 1998. Zamienniki tłuszczu stosowane w przetwórstwie mięsa. *Gosp. Mięs.*, L, (2), 22–26.
- [15] Duda Z.: 2003. Dodatki funkcjonalne w przetwórstwie mięsa. Część I. *Gosp. Mięs.*, L, 4, 32–37.
- [16] Dźwigaj H.: 1998. Materiały i opakowania jednostkowe do pakowania żywności, [w:] *Praca zbiorowa. Opakowania żywności*. Red. Czerniawski B., Michniewicz J. *Agro Food Technology. Czeladź* 37–59.
- [17] Gornowicz E., Dziadek K.: 2002. Pochodzenie kurcząt brojlerów a wydajność rzeźna i jakość mięsa. *Gosp. Mięs.*, L, IV, (5), 32–33.
- [18] Gruda Z., Postolski J.: 1999. *Zamrażanie żywności*. WNT, Warszawa.
- [19] Jankiewicz L., Słowiński M.: 1998. *Technologia produkcji wędlin. Część 1. Kielbasy parzone kutrowane*. Pol. Wyd. Fachowe. Warszawa.
- [20] Jankiewicz L., Słowiński M.: 1999. *Technologia produkcji wędlin. Część 2. Wędzonki parzone*. Pol. Wyd. Fachowe. Warszawa.
- [21] Jensen B.D., Christensen S., Jensen J.: 1993. *Handbook for the meat processing industry.*, Copenhagen Pectin.
- [22] Keeton J.T.: 1996. Non-meat ingredients for low-/no-fat processed meats. *Proceed. 49<sup>th</sup> Recip. Meat Conf. AMSA* 23–31.
- [23] Kijowski J.: 1993. *Podstawy technologii przetwórstwa*, [w:] *Praca zbiorowa Technologia mięsa drobiowego*. Red Grabowski T. WNT, Warszawa. 276–290.
- [24] Kopeć W., Smolińska T., Trziszka T., Popiel A.K.: 1993. Experimental production of low fat and sodium content sausages from poultry meat. *Proceed. 11<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality Poultry Meat*. WPSA. Tours, France. I, 320–327.
- [25] Kopeć W.: 2004. *Raw materials of animal origin*, [w:] *Renewable resources*. Ed. C. Stevens. Wiley (w druku).
- [26] Kuzia A.: 1998. *Opakowania z tworzyw sztucznych*, [w:] *Praca zbiorowa. Opakowania żywności*. Red. Czerniawski B., Michniewicz J. *Agro Food Technology. Czeladź* 199–248.
- [27] Lesiów T., Kijowski J.: 2003. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing. A review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 12/53, 3–8.

- 
- [28] Makala H.: 2003. Przyprawy, znaczenie i ich rola w przetwórstwie mięsa. *Ogólnopol. Inf. Masar.* Dodatek wrzesień 2003, 18–27.
- [29] Michalski M.M.: 2000. Wartość sterylizacyjna F – zasady i sposób obliczania. *Mięso i Wędliny* 1, 46–50.
- [30] Osburn W.N, Mandigo R.W.: 1998. Reduced-fat bologna manufactured with poultry skin connective tissue gel. *Poultry Sci.*, 77, 1575–1584.
- [31] Park H. J.: 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends Food Sci. Technol.*, 10, 254–260.
- [32] Polska Norma: 1995. Wędliny drobiowe. PN–A–86526.
- [33] Polska Norma: 1996. Konserwy drobiowe. PN–A–86525.
- [34] Regis: 2004. Wyniki badań laboratoryjnych firmy Regis sp.o.o. Wieliczka.
- [35] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 kwietnia 2004 w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu. *Dz. U.* Nr 94, poz. 933.
- [36] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 20 stycznia 1999 r. w sprawie szczegółowych warunków weterynaryjnych wymaganych przy przetwórstwie mięsa i składowaniu przetworów mięsnych (*Dz. U.* Nr 10, poz. 91).
- [37] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K.: 1997. Substancje dodatkowe i składniki funkcjonalne żywności. *Agro Food Technology.* Czeladź.
- [38] Sarzyński W.: 1998. Opakowania metalowe, [w:] *Praca zbiorowa. Opakowania żywności.* Red. Czerniawski B., Michniewicz J., *Agro Food Technology*, Czeladź. 75–109.
- [39] Tyburcy A.: 2001. Nowości w dziedzinie pakowania mięsa i produktów mięsnych. *Mięso i Wędliny* 2, 46–48.
- [40] Wahl W.: 1995. *Ausgezeichnete Deutsche Wurstrezepte.* Holzman Buchverlag.
- [41] Werbiński.: 2004. *Opis procedur technologicznych firmy Werbiński.*
- [42] [www.spomasz-pleszew.pl](http://www.spomasz-pleszew.pl)
- [43] Zmiana do Polskiej Normy.: 1998. Wędliny drobiowe. PN–A–86526/A1.



# 16.

## ŻYWNOSĆ WYGODNA – NOWY KIERUNEK W PRODUKCJI DROBIARSKIEJ

*Teresa Smolińska*

### 16.1. Convenience food – pojęcie o wielu znaczeniach

Produkcja żywności wygodnej jest obecnie jedną z najlepiej rozwijających się dziedzin przemysłu spożywczego. Na podstawie analizy rynku wykazano, że **żywność wygodna** (ang. convenience food) staje się coraz bardziej konkurencyjna w stosunku do tradycyjnie spożywanego mięsa i jego produktów. Wśród konsumentów obserwuje się wzrost zainteresowania żywnością charakteryzującą się wysoką jakością, a równocześnie mającą wszelkie cechy żywności wygodnej. Spożycie tego typu produktów wzrasta systematycznie z roku na rok, m.in. dzięki rozszerzeniu asortymentu oferowanych wyrobów, w czym dominującą rolę odgrywa wprowadzenie nowych technologii w procesie produkcyjnym oraz zastosowanie nowej generacji opakowań [10].

Zwiększone zainteresowanie żywnością wygodną wynika także z przyczyn ekonomicznych i społeczno-kulturowych. Obecnie w związku ze zmianą tradycyjnego modelu gospodarstwa domowego oraz wzrostu aktywności zawodowej kobiet, a także powiększaniem się liczby gospodarstw jedno- czy dwuosobowych, oferowane są produkty nie wymagające pracochłonnej obróbki kulinarnej [11, 12].

Według definicji żywności wygodnej, zaproponowanej przez National Food Survey w Wielkiej Brytanii, **jest to żywność przetworzona i gotowa do spożycia** [10]. Rozszerzając powyższe sformułowanie, określa się, że jest to grupa produktów, które umożliwiają szybkie i wygodne przygotowanie posiłków w warunkach domowych dzięki wyeliminowaniu lub skróceniu niektórych czynności wykonywanych w gospodarstwach domowych, np. wstępnej obróbki cieplnej, porcjowania, przyprawiania itd. Operacje te są w procesie wytwarzania żywności wygodnej przeprowadzane w zakładach przetwórczych [2, 3, 5]. Tego typu produkty muszą się także charakteryzować dużą zdolnością przechowalniczą oraz dyspozycyjnością ułatwiającą obrót w sieciach handlowych.

**Produkty zaliczane do żywności wygodnej poza łatwością przygotowania posiłków powinny jeszcze charakteryzować się:**

- **wysoką wartością odżywczą,**
- **gwarantowaną świeżością,**
- **różnorodnym asortymentem,**
- **pożądanymi cechami organoleptycznymi, takimi jak barwa, smak i zapach,**
- **atrakcyjnym opakowaniem.**

Oprócz wyżej wymienionych cech produkty typu żywności wygodnej muszą odznaczać się wysokim standardem higienicznym i minimalnym stopniem zanieczyszczeń chemicznych [10, 13]. Produkty te mogą być również przeznaczone dla określonych grup odbiorców (żywność specjalnego przeznaczenia), takich jak: ludzie chorzy na cukrzycę (diabetycy), ludzie starsi oraz małe dzieci.

W celu uniknięcia zubożenia produktów o wysokim stopniu przetworzenia i długo przechowywanych, w niektóre bardzo wartościowe składniki odżywcze, producenci żywności wygodnej wzbogacają ją w wybrane wartościowe składniki, takie jak witaminy czy sole mineralne [6, 8].

Produkty spożywcze charakteryzujące się wysokim udziałem składników korzystnie wpływających na zdrowie konsumentów są określane mianem **żywności funkcjonalnej** (ang. functional foods). Ponadto, żywność taka powinna mieć udokumentowany pozytywny wpływ na różnorodne procesy biologiczne organizmu, np. wzmacniać układ odpornościowy, działać profilaktycznie wobec niektórych schorzeń, wspomagać kondycję fizyczną i umysłową [5]. Pojęcie żywności funkcjonalnej jest zróżnicowane, a w literaturze spotyka się różne jej podziały, m.in. ze względu na skład i stosowane dodatki oraz wpływ na określone jednostki chorobowe [5, 8, 11]. Przykładem takiego produktu może być mięso drobiu wzbogacane w polienowe kwasy tłuszczowe poprzez żywienie zwierząt paszami z dodatkiem olejów roślinnych [4, 16].

Składniki żywności funkcjonalnej o działaniu prozdrowotnym są określane mianem nutraceutyków, do których można zaliczyć np. sól spożywczą jodowaną stosowaną w przetwórstwie mięsa, szczepy bakteryjne – w celu zainicjowania specyficznej fermentacji lub skoniugowany kwas linolenowy czy fitozwiązki. Do nutraceutyków zalicza się substancje mineralne (mikro- i makroelementy), aminokwasy, polienowe kwasy tłuszczowe (n-3), o których była już mowa wyżej.

Niektóre z produktów zaliczanych do żywności funkcjonalnej zakwalifikować można do tzw. żywności projektowanej (ang. designed food). Jest to przykład żywności wytworzonej wg specjalnie opracowanej receptury oraz ściśle określonego sposobu produkcji [11, 12].

Aktualnie konsumenci preferują tzw. „żywność o niskim stopniu przetworzenia”. W związku z tym opracowano sposoby minimalnego przetwarzania i utrwalania produktów przy szerokim zastosowaniu metod fizycznych zastępujących dodatki chemiczne. Według Janickiego [11] technologia minimalnego przetwarzania żywności to sposób obróbki umożliwiający otrzymanie produktu o prawie niezmienionych właściwościach pod względem świeżości, wartości odżywczej i cechach sensorycznych, z równoczesnym zapewnieniem określonej trwałości. Konsumenci chętnie akceptują żywność o zachowanych walorach jakościowych, wygodną, zwłaszcza dania gotowe przygotowane do odgrzania w kuchenkach mikrofalowych [7, 15].

**Produkty spożywcze wygodne, funkcjonalne lub projektowane zaliczane do tzw. żywności nowej generacji** powinny się charakteryzować wysoką wartością odżywczą, o której decyduje określenie udziału poszczególnych składników niezbędnych do pokrycia potrzeb biologicznych organizmu oraz zabezpieczenia potrzeb energetycznych. Odpowiednią jakość potraw i posiłków gotowych oferowanych jako żywność wygodna zapewniają te, które w swoim zestawie mają co najmniej jeden produkt będący źródłem białka zwierzęcego (mięso, drób, ryby, ser, jaja), zestaw warzyw i ziemniaki lub ryż oraz inne produkty zbożowe. Wymagania w tym zakresie zostały opracowane przez instytucję Food and Drug Administration (FDA) w USA, natomiast w Polsce nie ma jeszcze określonych zaleceń w stosunku do gotowych potraw.

Stopień przetworzenia surowców wyjściowych do produkcji dań gotowych, w tym intensywność obróbki termicznej, decyduje o dostępności i przyswajalności przez organizm poszczególnych składników odżywczych, takich jak: witaminy, sole mineralne, białka itd. Dane dotyczące wartości odżywczej poszczególnych składników potraw można znaleźć w specjalnych tabelach składu i wartości odżywczych różnych produktów [8].

Z żywieniowego punktu widzenia ważna jest nie tylko ilość, ale również jakość poszczególnych składników zawartych w żywności wygodnej, tj. białka, węglowodanów i tłuszczów. Ilość, a także jakość tłuszczu zawartego w produktach żywnościowych mogą obniżyć ich walory odżywcze, w szczególności dotyczy to żywności typu fast food. Zawartość tłuszczu w tych wyrobach zależy od asortymentu i wg Stangerskiego i Kijowskiego [23] może wynosić aż do 27,7 g/100 g produktu (hot dog). Jakość tłuszczów używanych przy produkcji tego typu wyrobów również nie zawsze jest odpowiednia, ponieważ dominują przede wszystkim nasycone kwasy tłuszczowe lub kwasy nienasycone, ale w konfiguracji *trans*, które w większości są źle przyswajane i szkodliwe dla zdrowia ludzkiego.

**Najczęściej używanym surowcem do produkcji żywności wygodnej jest mięso drobiu.** Przemysł drobiarski stosunkowo wcześniej wprowadził na rynek szereg nowych, atrakcyjnych dla konsumenta wyrobów bazujących na mięsie drobiowym, co wynikało m.in. z konieczności zagospodarowania nadwyżek mięsa pochodzącego z mechanicznego odkostniania tuszek oraz wykorzystania mięs mniej cennych, tzw. drobnych, powstałych w trakcie wykrawania zasadniczych elementów, nadwyżek mięsa czerwonego oraz mięsa pochodzącego z mniej wartościowych części tuszek [22, 23]. Wykorzystanie mięsa o niższej wartości umożliwia m.in. produkcja przetworów restrukturyzowanych.

Niektórzy autorzy [1, 2, 11] wyróżniają **trzy generacje żywności wygodnej:**

**Do pierwszej można zaliczyć przetwory tradycyjne,** takie jak: susze różnego typu, koncentraty (kostki rosolowe), konserwy sterylizowane i pasteryzowane, np. szynka drobiowa lub kurczak w rosole.

**W drugiej generacji produktów z mięsa drobiowego** mieszczą się np. gotowe zestawy posiłków obiadowych poddanych wstępnie obróbce termicznej, produkty restrukturyzowane lub formowane panierowane i poddane obróbce termicznej, schładzane lub mrożone przeznaczone do podgrzania, produkty liofilizowane, jak zupy, sosy wykonane z udziałem surowców drobiarskich oraz różnego typu przekąski, w tym zestawy garmażeryjne.

**Do trzeciej generacji należy zaliczyć produkty już oferowane** na rynku i mające szanse dalszego rozwoju w przyszłości, produkty o ograniczonym (minimalnym) stopniu przetworzenia i utrwalane metodami kombinowanymi, „przyjaznymi” dla konsumentów i środowisku. W tej grupie znajdują się różne asortymenty dań gotowych przeznaczonych

do użytku indywidualnego, jak i w tzw. dużej gastronomii. Są one utrwalane i pakowane nowoczesnymi metodami zapewniającymi wysoką jakość pod względem zdrowotnym, sensorycznym i odżywczym. Znaczną rolę w tej grupie żywności wygodnej odgrywają **produkty przygotowane do ogrzewania mikrofalowego**. Żywność wygodna tego typu jest kompleksowo przygotowana (projektowana) w systemie 4xP (PPPP), czyli: **produkt – proces – pakowanie – przygotowanie do spożycia** [11]. Produkty są projektowane pod względem składników recepturowych, wartości odżywczej i warunków higieny procesu wytwarzania, przy uwzględnieniu wszystkich obowiązujących systemów kontroli jakości. Produkcja żywności minimalnie przetworzonej, przechowywanej w warunkach chłodniczych, wymaga najwyższych standardów jakościowych na wszystkich etapach jej wytwarzania, szczególne wymagania dotyczą wysokiej jakości surowców [1, 11].

## 16.2. Żywność wygodna z mięsa drobiu

Z uwagi na stopień przetworzenia żywności oraz jej przeznaczenia, na podstawie klasyfikacji Paulusa [18] oraz innych autorów [4, 11, 23], **produkty wygodne można podzielić na następujące grupy:**

- **produkty gotowe do obróbki wstępnej,**
- **produkty gotowe do obróbki cieplnej,**
- **produkty gotowe do podgrzania,**
- **dania gotowe do spożycia.**

Powyższy podział nie jest zbyt precyzyjny, ponieważ niektóre wyroby zaliczone do jednej z podanych wyżej grup można klasyfikować jednocześnie do innych grup. Natomiast wskazuje on kierunki przeznaczenia poszczególnych wyrobów.

Jakość produktów wygodnych, jak zresztą każdej innej żywności, zależy od jakości surowców użytych do produkcji asortymentów finalnych. Do produkcji żywności wygodnej produkowanej przez przemysł krajowy używane jest najczęściej mięso kurcząt i indyków, a w mniejszych ilościach również mięso pozyskane z innych gatunków drobiu. Mięso drobiowe jest dobrym surowcem do produkcji żywności wygodnej z uwagi na swój skład chemiczny, właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne oraz walory sensoryczne.

### **Produkty gotowe do obróbki wstępnej**

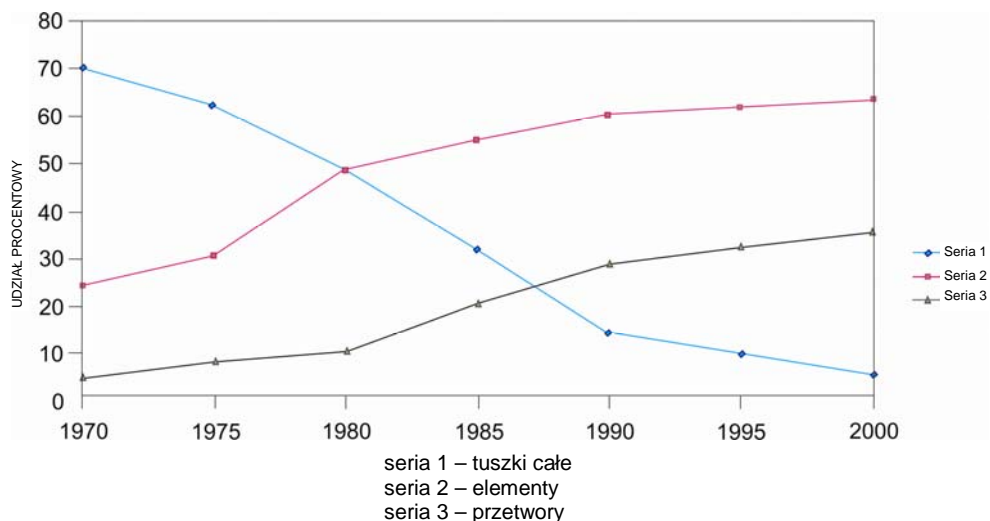
Obecnie na rynku krajowym znaczna część drobiu, zwłaszcza kurczęta i indyki, ale również i kaczki sprzedawane są w formie schłodzonych lub mrożonych elementów (kawałków), takich jak: uda, podudzia, skrzydełka, podroby i filety z mięśnia piersiowego ze skórą lub bez skóry. Rysunek 16.1 przedstawia dynamikę wzrostu produkcji i sprzedaży elementów (kawałków) tuszek drobiu grzebiącego. Tego typu półprodukty stanowią doskonały surowiec do produkcji dań gotowych.

### **Produkty gotowe do obróbki cieplnej**

Do grupy tej zalicza się mięso drobiu poddane wstępnej obróbce technologicznej, polegającej m.in. na masowaniu po nastryknięciu solankami peklującymi z dodatkiem fosforanów, po nastryknięciu mięsa emulsjami tłuszczowymi, które są sporządzone na bazie masła lub oleju przyprawionych związkami aromatyzującymi albo nacieraniu różny-



mi związkami aromatyzującymi powierzchni tuszek – elementów. W skład tej grupy wchodzi również produkty nadziewane farszami, poddane finalnemu utrwalaniu w wyniku pieczenia lub panierowane i smażone. Tak przygotowane produkty są najczęściej opakowane jednostkowo, w przypadku mniejszych elementów mogą być pakowane po kilka sztuk (porcje), następnie poddane schładzaniu lub zamrożeniu.



Rys. 16.1. Orientacyjna dynamika wzrostu zainteresowania elementami tuszek drobiu grzebiącego

Do tej grupy zalicza się również całą gamę produktów powstałych na bazie mięsa restrukturyzowanego (wytwarzane z mięsa płatkowanego) oraz wyroby formowane mechanicznie, produkowane m.in. z mięsa MOM, peklowane lub niepeklowane, panierowane i poddane obróbce termicznej; są to chickenburgery, rolady, sznycle, kotlety, paluszki, nuggetsy itp. (tab. 16.1) [21, 22, 23].

Tabela 16.1

Przykłady produktów żywności wygodnej z mięsa drobiu [11]

Rodzaj produktu	Asortymenty	Typ obróbki cieplnej
Mięso świeże – schłodzone, mrożone	tuszki , elementy, filety, mięso mielone	obróbka cieplna różna: gotowanie, smażenie, pieczenie
Żywność utrwalana w technologii cook-chill, lub sous-vide	gotowe dania mięsne z dodatkami (sosy, warzywa itp.)	ogrzewane w piekarniku (20–25 min), kuchenka mikrofalowa w opakowaniu lub bez
Przetwory panierowane gotowe chłodzone lub mrożone	pieczenie, rolady, kotlety paluszki, złociste bryłki, chickenburgery itp.	ogrzewanie do temp. 67°C, kuchenki mikrofalowe piekarnik

Wyroby restrukturyzowane mają strukturę jednolitą, a przy spożyciu odnosi się wrażenie, że produkt powstał z całego mięśnia. Są one otrzymywane z surowców mniej cennych, bogatych w tkankę łączną (np. mięso kur niosek). Wyroby restrukturyzowane po wstępnej obróbce cieplnej są najczęściej wprowadzane do obrotu jako schłodzone lub zamrożone [22, 23].

### Produkty gotowe do podgrzania

Są to wyroby gotowe do spożycia po podgrzaniu, poddane w czasie ich przygotowania właściwej i ostatecznej obróbce termicznej zapewniającej bezpieczeństwo zdrowotne produktu. Zalicza się do nich od dawna produkowane konserwy mięsne, np. kura lub kurczak w rosole, również innego typu konserwy, takie jak flaczki drobiowe, wątróbki oraz konserwy kombinowane mięsno-roślinne itp. W grupie tej znajdują się również dania gotowe, chickenburgery, panierowane paluszki, złociste bryłki (nuggetsy) i kotlety lub panierowane skrzydełka. Spośród tych produktów najpopularniejsze są hamburgery, wykonane z mięsa drobiowego – (chickenburgery) [22, 23]. Wyroby te można wytwarzać z najcenniejszych surowców, tj. mięśni piersiowych lub udowych, ale najczęściej wytwarza się je z mięsa niższej jakości zawierającego dużą ilość tkanki łącznej, to jest z mięsa kur niosek lub mięsa drobiu wodnego zawierającego znaczne ilości tłuszczu. Jednak podstawowym surowcem do produkcji chickburgerów jest mięso pochodzące z mechanicznego odkostniania (MOM). Hamburgery są klasycznym przykładem amerykańskiej kultury żywienia, popularnym daniem „spożywanym z ręki – finger food”. Konsumenty w wyższym stopniu akceptują hamburgery drobiowe niż tradycyjne wytwarzane z mięsa wołowego, a to z uwagi na walory smakowe i niższą zawartość tłuszczu. Wartość odżywcza hamburgerów jest dyskusyjna ze względu na stosunkowo wysoki poziom tłuszczu; m.in. w badaniach Smolińskiej i Przystasz [20] wykazano, że hamburgery drobiowe zawierają ok. 23% tłuszczu i blisko 90 mg cholesterolu w 100 g produktu (tab. 16.2).

Tabela 16.2

Skład chemiczny hamburgerów drobiowych (%) [20]

Rodzaj	Sucha masa	Białko	Tłuszcz	Cholesterol (mg/100g)	NaCl	Azotan (III)
Hamburgery nie-przechowywane*	38,29	12,11	22,16	89,72	1,94	0,116
Hamburgery przechowywane	41,84	13,79	23,77	87,21	2,08	0,108
Mięso piersiowe nie przechowywane	26,12	20,47	2,83	59,44	–	–

\* przechowywane w temperaturze -18°C przez 6 miesięcy

Wartościowym produktem pod względem odżywczym są panierowane i poddawane obróbce termicznej złociste bryłki z kurczaka określane angielską nazwą nuggets. Surowcem do produkcji nuggetsów jest mięso z mięśni piersiowych kurcząt, nastrzyknięte solanką, masowane i formowane lub wytwarzane są one z mięsa restrukturyzowanego.

W tabeli 16.3 przedstawiono skład chemiczny panierowanych produktów z mięsa piersiowego kurcząt. Produkty te charakteryzują się niższą zawartością tłuszczu niż hamburgery oraz wyższą zawartością białka.

Tabela 16.3

Skład chemiczny wybranych produktów drobiowych o charakterze żywności wygodnej [20]

	Czas przechowywania (tygodnie)	Woda (%)	Sucha masa (%)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	Cholesterol (mg/100g)	Zawartość soli (%)	Azotan (III) (mg/kg)
Mięsień piersiowy	0	75	25	20,55	1,3	52	0,5	0,15
	3	–	–	–	–	–	–	–
	6	–	–	–	–	–	–	–
Paluszki z kurczaka	0	54,6	45,4	12,2	16,1	65,8	–	–
	3	54,4	45,6	12,6	16,5	83,3	–	–
	6	53,8	46,2	13,2	16,0	93,5	–	–
Kotlety wyśmienite	0	58,9	41,1	13,9	15,9	75,6	–	–
	3	58,3	41,7	14,3	16,7	99	–	–
	6	58	42	14,7	15,7	102,8	–	–

Przechowywane przez 3 i 6 tygodni w temp. +2°C – +6°C

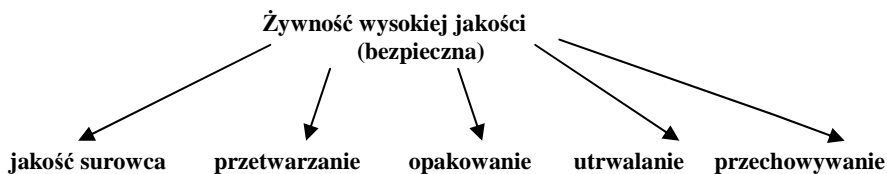
## Produkty gotowe do spożycia

Jest to bogata asortymentowo grupa, ponieważ zalicza się tu wiele produktów występujących w poprzednich grupach. Mogą być one spożywane bezpośrednio lub po krótkotrwałym podgrzaniu przed podaniem posiłku (ready to serve). Do najbardziej typowych produktów wytwarzanych z mięsa drobiu zalicza się: konserwy różnego typu, dania garmazeryjne, np. filet z kurczaka, indyka albo kaczki w galarecie, pieczone pasztety, tzw. smakowe z dodatkiem owoców, warzyw lub grzybów oraz pasztety puszkowane wytwarzane na bazie wątrób gęsi albo kaczek, również z dodatkami owoców lub grzybów, np. truflii. Do tej grupy włączymy także różnego typu rolady – faszerowane z kurczaka, gęsi, pieczenie drobiowe i całe tuszki kurczaka lub kaczki nadziewane farszem. Wybór asortymentów jest różnorodny i nie sposób wszystkich przytoczyć, bowiem mają często zasięg regionalny. W tej grupie znajdują się również wszystkie produkty wędzone, tj. kurczaki, indyki oraz poszczególne elementy, polędwiczki wędzone z indyka, półgęski (najstarszy produkt przemysłu drobiarskiego). Stosunkowo nowym kierunkiem w tej grupie jest produkcja dań gotowych przeznaczonych zarówno dla odbiorców indywidualnych, jak i dla zakładów żywienia zbiorowego czy firm cateringowych. Są to kompletne dania obiadowe, pakowane próżniowo, często z zastosowaniem modyfikowanej atmosfery [1, 14, 23, 25].

Obserwując rynek krajowy, można stwierdzić, że zainteresowanie żywnością wygodną wzrasta systematycznie, co stwarza dalsze możliwości rozwojowe dla tego kierunku. W przyszłości zapotrzebowanie na żywność wygodną będzie się zwiększało w miarę rozwoju sieci gastronomicznej w różnego typu instytucjach i zakładach pracy, jak i barów zakąskowych, tzw. snack-barów, przeznaczonych dla młodzieży studiującej, a przede wszystkim turystów. Przyszłościowy rynek żywności wygodnej to regiony rekreacyjno-wypoczynkowe, w których będzie rozwijać się dynamicznie baza gastronomiczna.

### 16.3. Proces produkcji żywności wygodnej

Większość produktów spożywczych, w tym żywność nisko przetworzoną, cechuje ograniczona trwałość, dlatego szczególnego znaczenia nabiera dobór odpowiedniej technologii produkcji jak i właściwego systemu utrwalania. W celu uzyskania produktów zapewniających bezpieczeństwo zdrowotne wymagane jest w produkcji żywności wygodnej przestrzeganie odpowiednich norm i standardów w trakcie produkcji surowców, ich przetwarzania oraz przechowywania. Na jakość końcową produktu ma wpływ szereg czynników, które są przedstawione na rysunku 16.2.



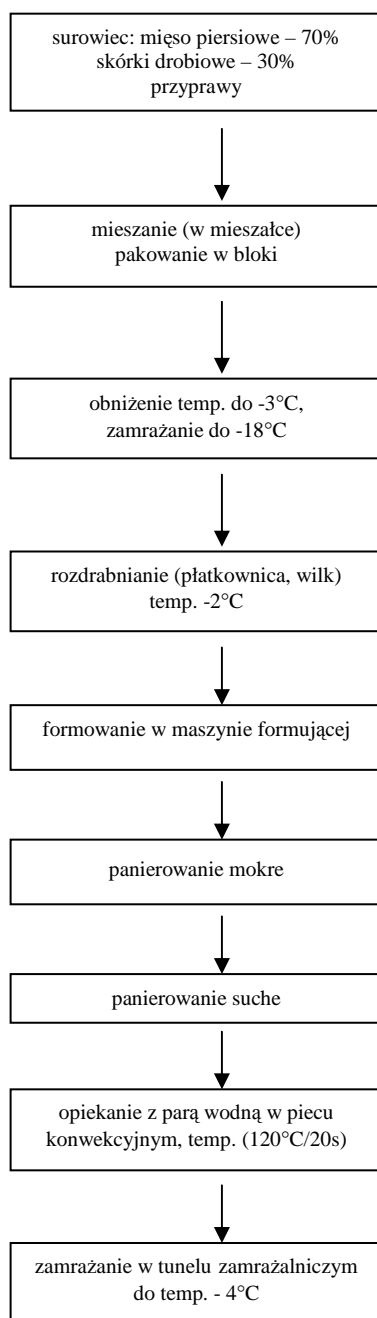
Rys. 16.2. Czynniki wpływające na jakość końcową produktu

Gotowy produkt oprócz gwarantowanego bezpieczeństwa powinien charakteryzować się odpowiednim wyglądem, stabilną barwą oraz korzystnymi cechami sensorycznymi, czyli przyjemnym, świeżym smakiem i zapachem. Proces produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego, na przykładzie produkcji bryłek nuggets, przebiega na kilku następujących po sobie etapach (rys. 16.3).

Jak wynika z załączonego schematu, pierwszym etapem jest przygotowanie surowca, poprzez jego rozdrobnienie i mieszanie w różnego typu urządzeniach rozdrabniająco-mieszających (np. kutry, mieszalki, płatkownice, wilki itp.). Opis stosowanych urządzeń przedstawiono w rozdziale 14 niniejszego opracowania.

Za kolejny etap można uznać proces formowania za pomocą formierek, nadających produktom różne kształty, często zbliżone do naturalnych elementów tuszki. Bezpośrednio przed formowaniem obniża się temp. masy mięsnej do ok.  $-3^{\circ}\text{C}$ , co powoduje łatwiejsze formowanie. Bardzo ważnym zabiegiem technologicznym jest proces nakładania panieru. Nowoczesne panierki chronią produkt przed ewentualnym przypaleniem w trakcie kolejnych etapów obróbki cieplnej oraz zmniejszają wchłanianie tłuszczu. Rola panieru jest bardzo ważna, ponieważ zapewnia pożądaną złocistą barwę, atrakcyjną dla konsumenta i zapobiega wyciekaniu soku, tym samym powstaje wrażenie soczystości produktu. Panier również zabezpiecza przed nadmiernym utlenianiem oraz stanowi skuteczną barierę przed zakażeniem mikrobiologicznym [2].

W celu wydłużenia trwałości produkty można poddawać operacji mrożenia. Stosuje się to przede wszystkim do hamburgerów. Zamrażanie hamburgerów w tunelu zamrażalniczym do temp.  $-4^{\circ}\text{C}$  trwa ok. 12 minut. Następnie są one pakowane w woreczki foliowe po 10 lub 12 sztuk albo w kartoniki, etykietowane ze wszystkimi informacjami o producencie. Tak przygotowane hamburgery drobiowe przechowuje się przez 6 miesięcy w temp.  $-18^{\circ}\text{C}$ , chociaż w tym okresie mogą zachodzić ograniczone zmiany oksydacyjne [19, 20].



Rys. 16.3. Schemat blokowy procesu produkcji nuggetsów [23]

## 16.4. Utrwalanie i pakowanie żywności wygodnej

Utrwalanie żywności wygodnej uzyskuje się wieloma metodami, które możemy zaliczyć do tradycyjnych, ale również wprowadzane są nowe techniki, określane nazwą kombinowanych. Stosowane są one w metodach minimalnego przetwarzania żywności. Tradycyjne techniki to przede wszystkim sterylizacja i pasteryzacja (konserwy), suszenie lub zagęszczanie (koncentraty spożywcze) oraz smażenie stosowane przy produkcji żywności typu fast food. Do najbardziej rozpowszechnionych i wszechstronnie używanych metod utrwalania należy zaliczyć także schładzanie i mrożenie gotowych produktów. Wyroby takie są często wstępnie utrwalane innymi metodami, które w mniejszym stopniu zmieniają ich podstawowe cechy sensoryczne i wartości odżywcze. Przykładem może być zastosowanie tzw. metody sous-vide i systemu cook-chill, przechowywanie w atmosferze modyfikowanej lub stosowanie ochronnych osłonek jadalnych [12, 13, 19].

Technologia sous-vide polega na tym, że produkty szczelnie opakowane, tj. hermetycznie zamknięte w opakowaniach próżniowych utrwalają się przez sterylizację albo pasteryzację w systemie HTST (ang. high temperature, short time – wysoka temperatura i krótki czas). Do opakowania stosowane są tworzywa odporne na temperaturę, np. politereftalan etylu (PET) lub torebki z polipropylenu (PP). Technologia cook-chill polega na tym, że mięso lub inne składniki mogą być poddane wstępnej obróbce termicznej i pakowane na ciepło do torebek lub pudełek kartonowych termoodpornych (opakowania jednostkowe) i szybko schładzane do temp. poniżej 3°C [12, 24].

Do metod kombinowanych zalicza się różne rodzaje obróbki termicznej połączone z chłodzeniem i pakowaniem w modyfikowanej atmosferze. Produkty pakuje się w atmosferze gazów, najczęściej dwutlenku węgla i azotu. Istotny jest dobór odpowiedniego stężenia dwutlenku węgla, ponieważ zbyt duża jego ilość może spowodować zmianę zabarwienia produktów, zwłaszcza z dużym udziałem mięsa drobiowego.

Nowoczesny system wytwarzania żywności wygodnej obejmuje wszystkie ogniwa produkcji od procesu przygotowania surowca do pakowania i etykietowania. Dla konsumentów niezwykle ważny jest opis użytkowania produktu, podany na etykiecie opakowania. Problem pakowania jednostkowego produktów spożywczych typu convenience jest ważny z uwagi na konieczność ciągłego podnoszenia atrakcyjności wyrobów dla potencjalnych konsumentów. Oprócz atrakcyjnego wyglądu opakowanie powinno być funkcjonalne i lekkie oraz zawierać konieczny zakres informacji dotyczący świeżości i wartości odżywczych produktu. Opakowanie powinno również być elementem wpływającym na przedłużenie trwałości produktów [1, 4]. Na przykład modyfikacja atmosfery (MAP) w opakowaniu wydłuża okres przydatności do spożycia produktów, co zwiększa ich dyspozycyjność w obrocie rynkowym.

Pakowanie próżniowe lub w modyfikowanej atmosferze przedłuża trwałość produktów wytworzonych wyłącznie z mięsa lub z udziałem innych surowców [3]. Bezpieczne i szczelne opakowania ułatwiają dystrybucję towaru. W USA duże firmy produkujące drób porcjowany wdrożyły system Cryovac SES polegający na zastosowaniu tacek z pianki pokrytych folią kurczliwą przepuszczalną dla tlenu oraz umożliwiającą nadruk. Z kolei torebki barierowe używane są do pakowania próżniowego całych tuszek drobiowych. Mięso mielone jest pakowane w atmosferze modyfikowanej. W przypadku dań gotowych, które są poddane obróbce termicznej w tym samym opakowaniu, w którym były sprzedawane, stosowane są najczęściej opakowania próżniowe z użyciem folii kurczliwej. Dzięki silnej

kurczliwości stosowanych folii, które dobrze przylegają do produktu, polepsza się ich wygląd estetyczny oraz istnieje możliwość nadruku. W tego typu opakowaniach rezygnuje się z wkładek chłonnych i opakowań zewnętrznych [9]. Czynnikiem wpływającym na okres trwałości mięsa i przetworów mięsnych jest stężenie tlenu wewnątrz opakowania. W Japonii istnieją nowoczesne techniki pakowania. Stosowane w nich specjalne folie typu Cryovac OS 1000 mają naniesione substancje pochłaniające tlen, a system absorbowania tlenu jest aktywowany przez promieniowanie UV podczas pakowania. Tego typu folie używane są do pakowania w atmosferze modyfikowanej i zmniejszają zawartość tlenu z ok. 5 do 1% w ciągu 10 dni przechowywania. Kolejną nowością w dziedzinie opakowań jest nanoszenie biosensorów na folie opakowaniowe. Biosensory są to substancje wykrywające obecność drobnoustrojów chorobotwórczych [1, 3, 4, 9, 12, 13, 17, 23].

Przy produkcji żywności wygodnej minimalnie przetworzonej można stosować kombinowane metody utrwalania przeprowadzane sekwencyjnie, np. obróbka cieplna i schładzanie, fermentacja i schładzanie lub mrożenie. Przyszłość żywności wygodnej opierać się będzie na coraz szerszym wprowadzaniu wysoko wyspecjalizowanych produktów dla określonych grup społecznych, np. żywności zmniejszającej ryzyko chorób krążenia (ang. *foods reducing risk of CVD*). Profilaktyka żywienia ludzi chorych na miażdżycę przewiduje przede wszystkim ograniczenie spożycia cholesterolu i tłuszczu oraz zwiększenie w zestawach żywieniowych udziału związków o charakterze antyoksydacyjnym. Istnieją już produkty żywieniowe przeznaczone dla osób obciążonych stresem, sportowców, dzieci w różnym wieku [8]. Ocenia się że tego typu produkty będą w najbliższym czasie najbardziej dynamicznie rozwijającym się rodzajem żywności wygodnej.

## 16.5. Streszczenie

Produkcja żywności wygodnej jest jedną z form wyjścia naprzeciw zapotrzebowaniu konsumentów. Może być ona wykorzystana zarówno w dużych zakładach zbiorowego żywienia, jak i przez odbiorców indywidualnych. Stosowane nowoczesne technologie umożliwiają wytwarzanie szerokiej gamy wyrobów, które są odpowiednie do bezpośredniego spożycia, po krótkim podgrzaniu. Do żywności wygodnej można zaliczyć od dawna produkowane konserwy drobiowe mięsne i mieszane, tzw. gotowe dania obiadowe oraz wyroby typu *chickburgery*, czyli *hamburgery drobiowe*, a także inne produkty panierowane.

Inną grupę stanowią produkty gotowe do obróbki cieplnej oraz produkty przeznaczone do dalszej obróbki. Produkty z mięsa drobiowego zaliczane do żywności wygodnej powinny mieć pożądany wygląd, korzystny smak i zapach oraz mieć wysoki standard higieniczny. Aby osiągnąć pożądany efekt jakościowy, żywność wygodna jest pakowana przy wykorzystaniu najnowszych technologii, np. w próżni, atmosferze modyfikowanej i utrwalana przez schładzanie i zamrażanie. Stosowane są też metody kombinowane, szczególnie dla żywności o niskim stopniu przetworzenia. Niektóre produkty typu żywności wygodnej mogą spełniać dodatkowo funkcje prozdrowotne. Kierunkiem przyszłościowym jest produkcja żywności o minimalnym stopniu przetworzenia, utrwalanej metodami kombinowanymi.

## Piśmiennictwo

- [1] Albers D.: 2000. Produkcja żywności wygodnej (Convenience Food). 3. Pakowanie produktów mrożonych i chłodzonych. Mięso i Wędliny, 3, 24–27 (za Fleischwirtsch, 2/2000, 24–26).
- [2] Albers D., Kohlmeyer R.: 2000. Produkcja żywności wygodnej (Convenience Food). 2. Smażenie, parzenie i schładzanie, Mięso i Wędliny, 1, 40–44. (za Fleischwirtsch., 11/99, 45–48).
- [3] Albers D., Kohlmeyer R.: 1999. Convenience mit Komplette Linie. Fleischwirtsch., 9, 46–49.
- [4] Anonim: 2003. Nowe rodzaje opakowań do drobiu. Mięso i Wędliny, 6, 26.
- [5] Anonim: 2000. Mięso jako żywność funkcjonalna (składniki prozdrowotne w żywności). Mięso i Wędliny, 6, 52–54.
- [6] Baron M.: 2000. Żywność convenience, Żywność wygodna. Korporacja Producentów Żywności, Biuletyn 2, Poznań, 28.
- [7] Baryłko-Pikielna N.: 1995. Bezpieczeństwo i wartość odżywcza żywności. Opinie konsumentów a opinie przedstawicieli nauki. Przem. Spoż., 4, 110–112.
- [8] Brzozowska A.: 1993. Żywność wygodna – wybrane problemy wartości odżywczej. Przem. Spoż., 9, 234–237.
- [9] Fik M.: 1995. Zastosowanie modyfikowanej atmosfery do przedłużenia trwałości produktów spożywczych. Przem. Spoż., 11, 421–423.
- [10] Hilse G.: 2000. Convenience – pojęcie o wielu znaczeniach. Mięso i Wędliny, 4, 40–42, (za Fleischwirtsch, 2/200, 46–48).
- [11] Janicki A.: 1999. Charakterystyka ogólna żywności wygodnej, [w:] Żywność wygodna i żywność funkcjonalna, pod red. F. Świderskiego, WNT, Warszawa, 13–32.
- [12] Jędrzejczyk H., Świdorski F.: 1999. Żywność utrwalana w niskich i wysokich temperaturach, [w:] Żywność wygodna i żywność funkcjonalna, pod red. F. Świderskiego, WNT, Warszawa, 156–159.
- [13] Kołozyn-Krajewska D.: 1999. Higiena produkcji żywności wygodnej, [w:] Żywność wygodna i żywność funkcjonalna pod red. F. Świdorskiego, WNT, Warszawa, 323–330.
- [14] Krala L.: 1996. Kontrolowana i modyfikowana atmosfera przedłuża trwałość chłodzonego drobiu, stan badań i wnioski praktyczne. Chłodnictwo XXXI, 2, 35–39.
- [15] Krawczyk J.: 2002. Bezpieczna żywność najważniejszym zadaniem w UE. Polskie Drobiarstwo, 7, 52–56.
- [16] Malczyk E.: 2001. Ocena cech jakościowych tuszek i mięsa kurcząt brojlerów żywionych paszą wzbogaconą w oleje roślinne i alfa-tokoferol. Praca doktorska (AR we Wrocławiu).
- [17] Michniewicz J.: 2000. Opakowania dla żywności wygodnej. Żywność wygodna. Korporacja Producentów Żywności, Biuletyn 2, 37–41.
- [18] Paulus K.: 1978. How ready are ready-to-serve food. Proceed. Int. Symp. on Ready-to-serve Foods, Basel, 6–14.
- [19] Pikul J.: 2001. Przedłużenie okresu trwałości schłodzonego mięsa oraz produktów z mięsa drobiu przez opakowanie w modyfikowanej atmosferze. Chłodnictwo XXXVI, 11, 39–45.
- [20] Smolińska T., Przystasz A.: 2002. Ocena sensoryczna oraz badania składu chemicznego hamburgerów-drobiowych (praca w druku).
- [21] Smolińska T., Barczak M., Bednarska A.: 2002. Ocena jakości produktów panierowanych (restruktuowanych) jako przykład żywności wygodnej (dane niepublikowane).
- [22] Smolińska T.: 2003. Żywność wygodna produkowana na bazie surowców drobiarskich, Mat. Konf. Naukowo-Technicznej PTTŻ i Wroc. Oddział St. Inż. i Techn. Przem. NOT.
- [23] Stangierski J., Kijowski J.: 2002. Żywność wygodna z mięsa drobiowego. Mięso i Wędliny, 7, 12–2.
- [24] Zalewski S.: 1999. System produkcji potraw w zakładach żywności, [w:] Żywność wygodna i żywność funkcjonalna, red. Świdorski F., WNT, Warszawa, 148–152.
- [25] Zwierzycki W.: 2003. Nauka i technika na usługach gospodarki żywnościowej. Chłodnictwo, XXXVIII, 1, 26–28.



# 17.

## HACCP: SYSTEM ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA ZDROWOTNEGO W PRZEMYSŁE DROBIARSKIM

*Jacek Kijowski, Renata Cegielska-Radziejewska*

### 17.1. Bezpieczeństwo żywności

Polepszenie stanu zdrowia społeczeństw Unii Europejskiej to jedno z głównych strategicznych zadań Parlamentu Europejskiego i Rady na najbliższe lata. Produkcja i obrót żywnością bezpieczną, która nie szkodzi zdrowiu i życiu konsumenta, jest jednym z istotnych elementów tej polityki. Po serii zdarzających się przypadków na europejskim rynku żywnościowym związanych z zagrożeniami żywności typu chemicznego czy biologicznego, w tym mikrobiologicznego, jak: zanieczyszczenia dioksynami, świadome zafałszowanie żywności, BSE – gąbczasta encefalopatia bydła, ptasia grypa, zakażenia patogenami, bezpieczeństwo żywności stało się jednym z priorytetowych działań UE. Alergeny, w tym żywność modyfikowana genetycznie, to kolejne ważne wyzwania dotyczące bezpiecznej żywności. Jako konsekwencja tych faktów Komisja Europejska w Białej Księdze opublikowanej w 2000 r. przedstawiła w nowym podejściu strategię bezpieczeństwa żywności.

**Bezpieczeństwo żywności** (food safety), wg Codex Alimentarius 2003, to **zapewnienie**, że żywność nie spowoduje szkody na zdrowiu i życiu konsumenta, jeśli jest przygotowana i/lub zjedzona zgodnie z zamierzonym przeznaczeniem [9]. W polskim prawodawstwie zgodnie z ustawą „o bezpieczeństwie żywności i żywienia” z 25.08.2006 bezpieczeństwo żywności zdefiniowane jest w szerszym, uzasadnionym kontekście: jako „ogół warunków, które muszą być spełnione i działań, które muszą być podejmowane na wszystkich etapach produkcji żywności i obrotu żywnością oraz środkami żywienia zwierząt gospodarskich w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka”. Bezpieczeństwo zdrowotne żywności jest jeszcze bardziej złożoną sprawą, gdy rozpatrzy się kwestię bezpiecznego odżywiania się, tzn. w sposób zalecany przez współczesną naukę o żywności. Wpływ niewłaściwego odżywiania się, a więc konsumowania żywności w większych ilościach i to takiej żywności, która nie jest zalecana i daje niekorzystne efekty po dłuższym czasie (żywność kaloryczna, nasycone kwasy tłuszczowe, alkohol, itd.), można rozpatrywać w kategorii bezpieczeństwa zdrowotnego. Niejasny też jest długofalowy skutek na zdrowie takiej żywności

spożywanej wraz z niezauważalnymi przez konsumenta zanieczyszczeniami chemicznymi względnie biologicznymi, w tym mikrobiologicznymi. Bezpieczeństwo żywności dotyczy nie tylko dbałości o zdrowie i życie konsumentów, ale – szerzej – uwzględnia dobrostan zwierząt i roślin oraz całe otoczenie produkcji rolnej i przetwórstwa.

W krajach członkowskich UE rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady 178/2002/WE reguluje szereg spraw dotyczących bezpieczeństwa żywności. Ustanawia ogólne zasady postępowania w następujących kwestiach prawa żywnościowego oraz bezpieczeństwa żywnościowego:

- wymagania bezpieczeństwa i higieny w produkcji i obrocie żywnością oraz środkami żywienia zwierząt;
- powołanie Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności;
- system szybkiego alarmowania w sytuacji zagrożenia (zarządzanie ryzykiem i w sytuacjach kryzysowych);
- odpowiedzialność producenta i dystrybutora za bezpieczeństwo;
- nowe podejście w stosowaniu prawa, tj. konieczność identyfikowania żywności, ale również jawności informacji dotyczących bezpieczeństwa oraz analiza ekonomicznych konsekwencji podejmowanych decyzji.

Szereg ustaleń zawartych w dyrektywie obowiązuje kraje członkowskie od 1 stycznia 2005 roku.

Rozporządzeniem WE 178/2002 powołano Europejski Urząd Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), który faktycznie już realizuje następujące zadania: wydawanie niezależnych naukowych opinii dotyczących BŻ, zbieranie i analiza danych dotyczących żywienia i diety oraz ekspozycji ryzyka i monitorowania BŻ w UE, rozpatrywanie nowych zagrożeń (np. akrylamid), zarządzanie systemem wczesnego ostrzegania zagrożeń żywności i pasz, informowanie opinii społecznej.

W ślad za utworzeniem EFSA pewne określone działania podjęto w Polsce. Rozporządzeniem z 9 września 2002 r. Minister Zdrowia powołał zespół ds. Bezpieczeństwa Żywności. Główny Inspektor Sanitarny kieruje siecią ostrzegania o niebezpiecznych produktach żywnościowych w ramach systemu UE zwanego RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed). Problem bezpieczeństwa żywności nabiera szczególnego znaczenia również w obliczu zagrożeń terrorystycznych z wykorzystaniem broni biologicznej. Skażeniu może ulec żywność, pasze i woda.

Konsument nie jest w stanie sam sprawdzić przed spożyciem, czy żywność jest bezpieczna. Bezpieczeństwo żywności musi więc być prawnie zapewnione.

Kłopotliwe następstwa dla producentów żywności i obrotu żywnością mogą nastąpić wówczas, jeśli w przedsiębiorstwach tych nie analizuje się, względnie nie zarządza właściwie ryzykiem. Niemożność zminimalizowania ryzyka – zarówno dotyczącego utraty jakości zdrowotnej produktu, jak i szkód marketingowych (co zależy od szybkości działania w obrębie własnego przedsiębiorstwa – w ramach działań naprawczych, a także poza nim – wobec opinii publicznej) może spowodować dotkliwie, odczuwalne straty finansowe. Zazwyczaj jest to, oprócz określonych strat produkcyjnych, bolesna w skutkach utrata rynku oraz wizerunku firmy, co z reguły rozważa się również w kategoriach ekonomicznych.

Właściwe zarządzanie ryzykiem oraz dobry system jakościowy powinny zidentyfikować oraz zredukować lub wyeliminować zagrożenie, jeśli takie się pojawi.

Gdy produkt, który nie ma odpowiedniej jakości zdrowotnej, a zarazem nie spełnia podstawowych oczekiwań konsumenta, opuści zakład produkcyjny, znacznie trudniejszym

zadaniem dla przedsiębiorcy jest obrona jakości swoich produktów oraz kontrolowanie dalszego, zazwyczaj niekorzystnego łańcucha zdarzeń, aniżeli systemowe nadzorowanie poprawności procesów w łańcuchu produkcyjnym własnego przedsiębiorstwa.

Obecnie uważa się system HACCP za jedno z najskuteczniejszych narzędzi zapewniających bezpieczeństwo zdrowotne żywności. Są i inne stosowane przez np. przemysł farmaceutyczny, który nie wdraża systemu HACCP, a proponuje inne rozwiązania, jak bardzo wymagający system Dobrej Praktyki Farmaceutycznej, który musi gwarantować bezpieczny produkt.

## 17.2. Geneza i kalendarz historii systemu HACCP

System HACCP powstał w latach 60. w USA. Jego podstawowe zasady opracowała Kompania Pillsbury na zlecenie NASA (National Aeronautics and Space Association) oraz US ANL (US Army Nautic Laboratories), by zapewnić zdrowotnie bezpieczną żywność astronautom. Poniżej przedstawiono kolejne etapy rozwoju systemu:

- 1960–1970 – na zlecenie NASA i US ANL opracowanie podstaw systemu żywności zdrowotnie bezpiecznej dla astronautów;
- 1971 – USA, przedstawienie koncepcji systemu na konferencji o bezpieczeństwie żywnościowym;
- 1973 – aprobata systemu przez ekspertów WHO;
- 1980 – przedstawienie ogólnych zasad i terminologii w zakresie HACCP, przez Międzynarodową Komisję ds. Wymagań Mikrobiologicznych dla Żywności ICMSF0, WHO;
- 1984 – włączenie koncepcji HACCP do zasad postępowania higienicznego (Codex of Hygiene Practices), przez Kodeks Higieny Żywności;
- 1993 – nałożenie obowiązku stosowania HACCP w sektorze żywnościowym, przez dyrektywę Unii Europejskiej (93/43) dotyczącą higieny żywności;
- 1994–1995 – USA, wprowadzenie obowiązku stosowania HACCP w zakładach produkujących żywność pochodzenia morskiego (ryby, owoce morza);
- 1996 – Polska, Rozporządzenie MZ i OS z dn. 22 sierpnia w sprawie warunków produkcji i obrotu dietetycznymi środkami spożywczymi, używkami i odżywkami; kontrola wewnętrzna produkcji powinna być ustalona na podstawie systemu krytycznych punktów kontroli (HACCP);
- 1998 – USA, wprowadzenie obowiązku wdrożenia HACCP w dużych zakładach mięsnych i drobiarskich;
- 1999 – USA, wprowadzenie HACCP w średnich zakładach mięsnych i drobiarskich;
- 2000 – USA, wprowadzenie HACCP w małych zakładach mięsnych i drobiarskich;
- 2001 – Polska, Ustawa z dnia 11.05.2001 r. „O warunkach zdrowotnych żywności i żywienia” – duże przedsiębiorstwa żywnościowe (>250 pracowników i przychód netto > 40 mln Euro) mają obowiązek wdrożenia systemu HACCP od 01.01.2004;
- 2002 – Polska, Ustawa z dnia 24.07.2002 r. o zmianie ustawy „o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia” z dnia 11.05.2001 r. rozszerza obligatoryjność wdrożenia systemu HACCP na zakłady średnie (>50 pracowników i przychód netto >7 mln Euro);

- 2002 – Rozporządzenie EC Nr 178/2002 z 28 stycznia 2002 r. dotyczące ogólnych zasad i wymagań prawa żywnościowego, powołujące Europejski Komitet do Spraw Bezpieczeństwa Żywności oraz ustalające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności;
- 2003 – Polska, Ustawa z dnia 30.10.2003 r. o zmianie ustawy „o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia „, zobowiązuje wszystkich producentów żywności, z wyłączeniem producentów na etapie produkcji pierwotnej, do wdrożenia i stosowania zasad systemu HACCP. Termin rozpoczęcia wdrażania obowiązuje od dnia uzyskania przez RP członkostwa w UE. Terminu zakończenia wdrożenia nie podano.

### 17.3. Terminologia systemu

Codex Alimentarius [9] podaje następującą definicję systemu HACCP oraz pojęć i terminów użytkowanych w systemie.

**HACCP** to system, który identyfikuje, ocenia i kontroluje (opanowuje) zagrożenia istotne dla bezpieczeństwa żywności.

**Analiza zagrożeń** – proces zbierania i oceniania informacji o zagrożeniach i warunkach prowadzących do ich obecności, w celu zdecydowania, które są istotne dla bezpieczeństwa żywności i powinny być uwzględnione w planie HACCP.

**Audyt** – to systematyczne i niezależne sprawdzanie, czy system HACCP funkcjonuje zgodnie z opisanym planem i czy jest efektywny.

**Diagram przepływu** – systematyczne przedstawienie sekwencji kroków lub operacji zastosowanych w produkcji lub przetwórstwie poszczególnych produktów żywnościowych.

**Działania zapobiegawcze** – działania profilaktyczne powzięte w celu wyeliminowania przyczyn potencjalnej niezgodności, wady lub innej niepożądanej sytuacji oraz niedopuszczenia do jej wystąpienia.

**Kontrolować (regulować)** – podejmować wszystkie niezbędne działania w celu zagwarantowania zachowania z kryteriami ustalonymi w planie HACCP.

**Krok** – punkt, procedura, operacja lub etap w łańcuchu żywnościowym z włączeniem surowców, od produkcji podstawowej do końcowej konsumpcji.

**Kryterium** – oddziela to, co jest akceptowane od tego, co nie jest akceptowane.

**Monitoring** – czynność przeprowadzenia zaplanowanej sekwencji obserwacji lub pomiarów parametrów kontrolnych w celu upewnienia się, że Krytyczny Punkt Kontrolny jest pod nadzorem.

**Odchylenie** – niemożność spełnienia limitu krytycznego (brak zgodności z limitem krytycznym).

**Plan HACCP** – dokument przygotowany zgodnie z zasadami HACCP w celu opanowania zagrożeń, które są istotne dla bezpieczeństwa żywności w rozważanym segmencie łańcucha żywnościowego.

**Przegląd Systemu HACCP** – okresowo przeprowadzona przez kierownictwo i zespół ds. systemu HACCP udokumentowana kontrola realizacji systemu HACCP w celu jego doskonalenia.

**Krytyczny Punkt Kontrolny** – jest to miejsce, etap, proces lub operacja jednostkowa, w których prowadzi się kontrolę parametrów i/lub innych wskaźników o podstawowym

znaczeniu dla jakości produktu lub ważnych z punktu widzenia realizowanej technologii.

**Ryzyko** – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia.

**Środek kontrolny** – wszelkie środki i działania, które mogą być zastosowane, aby zapobiec lub wyeliminować zagrożenie bezpieczeństwa żywności albo zredukować je do akceptowanego poziomu.

**Walidacja** – uzyskanie świadectwa (oznaki), że elementy planu HACCP są efektywne.

**Wartości zadane** – założone parametry technologiczne procesu.

**Weryfikacja** – zastosowanie metod, procedur, testów i innych ocen obok monitoringu w celu określenia zgodności z planem HACCP.

**Zagrożenie** – to czynnik biologiczny, chemiczny lub fizyczny w żywności lub w warunkach produkcji żywności, który może potencjalnie być niebezpieczny dla zdrowia.

## 17.4. Relacje między GMP/GHP a HACCP

**Dobra Praktyka Produkcyjna (GMP)** według definicji obowiązującej ustawy z 24.07.2002 [48] ma następujące brzmienie: **GMP to działania, które muszą być podjęte i warunki, które muszą być spełniane, aby produkcja żywności odbywała się w sposób zapewniający jej właściwą jakość zdrowotną, zgodnie z przeznaczeniem.** Z kolei definicja **Dobrej Praktyki Higienicznej (GHP)** ma nieco odmienne i węższe znaczenie i jest następująco sformułowana: **GHP to działania, które muszą być podjęte i warunki higieniczne, które muszą być spełniane, na wszystkich etapach produkcji i obrotu, aby zapewnić bezpieczeństwo żywności.** Z powyższych definicji wynika, że GHP można traktować jako element działań zapewniający pożądany standard higieniczny, istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa żywnościowego. Natomiast GMP obejmuje pozostałe zasady i ich realizację w celu zapewnienia odpowiedniej jakości zdrowotnej. Zgodnie z definicją tego pojęcia podanego w ustawie [47] obejmuje ono wartość żywieniową, jakość organoleptyczną oraz bezpieczeństwo zdrowotne żywności. A więc może dotyczyć rozwiązań w sferze produkcji, technologii i działań pomocniczych, które te elementy jakości zapewnią.

GMP obejmuje, jak już wspomniano, szerszy zakres niż GHP i dotyczy przede wszystkim procesu technologicznego, tak jak definicję tego podsystemu podaje Brytyjski Instytut Nauk o Żywności i Technologii: „GMP to komplet procedur opisujących wszystkie elementy procesu produkcyjnego oraz sposób kontroli i zapewnienia jakości produktu”. Przestrzeganie tych procedur daje gwarancję, że wytwarzany produkt spełnia określone wymagania jakościowe.

Realizacja zasad GMP/GHP tworzy właściwe, higieniczne warunki środowiskowe do produkcji bezpiecznej żywności. Miała ona miejsce już od wielu lat pod nadzorem WIS-u, obecnie Inspekcji Weterynaryjnej (IW). Stosowanie tych zasad w różnym zakresie i z różną konsekwencją było i jest faktem w krajowym przemyśle drobiarskim.

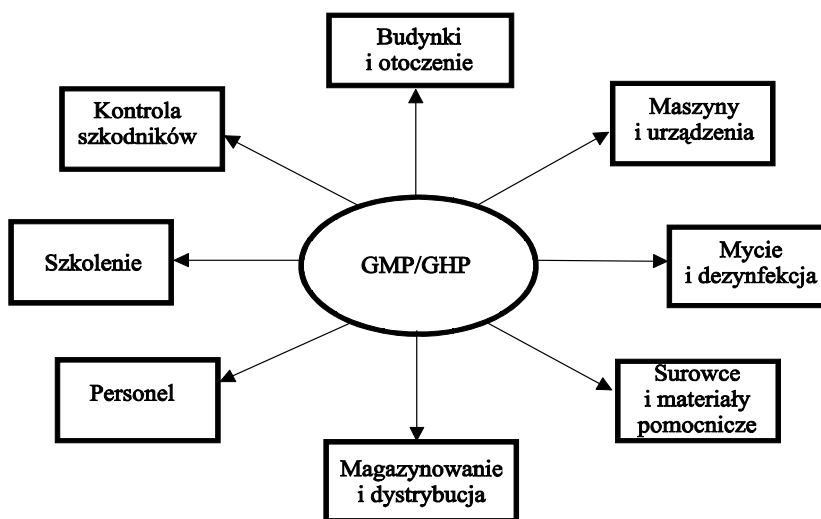
Są to więc zbiory, kodeksy zasad i reguł optymalnego postępowania, bazowe elementy, których realizacja powinna wyprzedzać poprawne wdrażanie systemu HACCP.

GMP pozwala uporządkować i przestrzegać uznawane, podstawowe zasady produkcji zgodnie z postępowaniem wiedzy technologicznej i nowocześnie rozwiązywanych aspektów higienicznych produkcji. Wdrożenie GHP pozwala uporządkować wszystkie sprawy związane z higienizacją zakładu.

Podział obszarów na te z zakresu GMP i GHP nie zawsze jest potrzebny, gdyż często wzajemnie się one przenikają i są współzależne, dlatego proponujemy używać **akronimu GMP/GHP**. Podstawowe aspekty GHP podane są w ogólnych zasadach higieny środków spożywczych w Codex Alimentarius i one obejmują :

- produkcję wstępną,
- projektowanie zakładu, instalacje i wyposażenie,
- sanitarną kontrolę procesów produkcyjnych,
- bieżącą obsługę stanu sanitarnego zakładu,
- higienę osobistą,
- sanitarne warunki transportu,
- szkolenia,
- informacje dla klienta.

Główne obszary funkcjonowania GMP/GHP ujmuje rysunek 17.1.



Rys. 17.1. Główne obszary funkcjonowania GMP/GHP

W opracowanej przez Inspekcję Weterynaryjną liście kontrolnej: SPIWET – 03P/06P/UE dokumentuje się stwierdzone niezgodności z wymaganiami zawartymi w Dyrektywie Rady 77/99/EWG. Listę tę opracowano dla Zakładów eksportujących mięso i dotyczy ona szczególnych wymagań z zakresu GMP, GHP i HACCP, które podlegają 3-stopniowej ocenie.

Etapowa lub jednoczesna realizacja programu GMP/GHP oraz HACCP stwarza właściwe warunki do pozyskiwania odpowiedniej jakości surowców oraz wytwarzania żywności w sposób gwarantujący ich bezpieczeństwo zdrowotne dla konsumenta.

Według unijnego i krajowego prawa – na producencie, dystrybutorze, operatorze żywności spoczywa odpowiedzialność za bezpieczeństwo zdrowotne żywności.

Program GMP/GHP wraz z systemem HACCP ma zapewnić bezpieczeństwo zdrowotne żywności. Jeśli poprzez rzetelną realizację zasad systemu, jak również właściwy nadzór i dokumentowanie wykonywanych działań nie zostaną stworzone właściwe i bezpieczne warunki wytwarzania żywności, to ewentualne zagrożenie zdrowotne trzeba będzie uwzględnić w systemie HACCP. Wówczas mógłby on rozrosnąć się do rozmiarów trudnych dla skutecznego nadzoru.

HACCP powinien objąć przede wszystkim właściwy proces wytwarzania żywności, nie zaś warunki wstępne, które mają kreować właściwe, bezpieczne środowisko dla prawidłowo i bezpiecznie realizowanego procesu wytwórczego. W razie wystąpienia niespodziewanego zagrożenia producent powinien być przygotowany do podjęcia skutecznych działań w oparciu o przygotowaną procedurę.

Podsumowując, w sferze GMP/GHP można śmiało również stosować narzędzia HACCP, tzn. metodykę postępowania opartą na 7 zasadach, tj. identyfikacji i analizy zagrożeń, ustalenia CCP, ustalenia wartości krytycznych i tolerancji dla CCP, monitorowania CCP, działań korekcyjnych, weryfikacji systemu oraz dokumentowania tych czynności. W większości jednakże przypadków nadzór nad sferą objętą GMP/GHP ograniczony jest do monitorowania parametrów w punktach kontrolnych ewentualnie podejmowania działań naprawczych i dokumentowania tych przedsięwzięć. Jak z powyższego wynika, jednoczesna realizacja programu GMP/GHP i HACCP tworzy w zakładzie zintegrowany system zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności.

## 17.5. Zasady i etapy wdrażania HACCP

System HACCP opiera się na siedmiu fundamentalnych zasadach zgodnie z podstawowym źródłem informacji, jakim jest Codex Alimentarius [9]. Z kolei wdrożenie systemu odbywa się co najmniej na 12 etapach zgodnie z treścią tego samego dokumentu. Wprowadzenie systemu w istocie sprowadza się do realizacji pięciu wstępnych etapów, a następnie siedmiu 7-systemowych zasad. Dlatego zasady zostaną omówione po wstępnych etapach, w kolejności od siódmego do dwunastego.

Należy dodać, że systemem HACCP może być objęty cały zakład lub jego część, co wyraźnie należy określić (rys. 17.2).

1. *POWOŁANIE ZAKŁADOWEGO ZESPOŁU DS. HACCP.*
2. *ZDEFINIOWANIE (OPISANIE PRODUKTU).*
3. *OKREŚLENIE PRZEZNACZENIA PRODUKTU.*
4. *SPORZĄDZENIE SCHEMATU TECHNOLOGICZNEGO ZAWIERAJĄCEGO WSZYSTKIE ETAPY PROCESU PRODUKCYJNEGO.*
5. *ZWERYFIKOWANIE SCHEMATU TECHNOLOGICZNEGO W PRAKTYCE.*
6. *SPORZĄDZENIE WYKAZU ZAGROŻEŃ NA KAŻDYM ETAPIE I WYKAZU ŚRODKÓW PREWENCYJNYCH (ZAPOBIEGAWCZYCH).*
7. *USTALENIE KRYTYCZNYCH PUNKTÓW KONTROLNYCH (CCP).*
8. *USTALENIE LIMITÓW KRYTYCZNYCH PARAMETRÓW DLA KAŻDEGO CCP I OKREŚLENIE TOLERANCJI.*
9. *USTALENIE SYSTEMU MONITOROWANIA DLA KAŻDEGO CCP.*
10. *USTALENIE DZIAŁAŃ NAPRAWCZYCH (KORYGUJĄCYCH) W PRZYPADKU NIESPEŁNIENIA KRYTYCZNYCH WARTOŚCI PARAMETRÓW.*
11. *OKREŚLENIE ZASAD WERYFIKACJI SYSTEMU.*
12. *USTALENIE ZASAD TWORZENIA DOKUMENTACJI SYSTEMU I PRZECHOWYWANIA ZAPISÓW.*

Rys. 17.2. Etapy wprowadzania systemu HACCP

### **17.5.1. Powołanie zakładowego zespołu ds. HACCP**

Formalne rozpoczęcie prac w przedsiębiorstwie nad opracowaniem i wdrożeniem systemu HACCP ma miejsce z chwilą powołania przez kierownika przedsiębiorstwa (dyrektora, prezesa) Zakładowego Zespołu ds. HACCP. Powołanie zakładowego zespołu ds. HACCP przez kierownika przedsiębiorstwa musi mieć charakter formalny, tzn. należy wydać odpowiedni dokument (zarządzenie) powołujący zespół imiennie, w tym wyznaczyć kierownika zespołu koordynującego pracę. Zakładowy zespół ds. HACCP najczęściej składa się z 5–7 osób, pracowników – specjalistów przedsiębiorstwa. Ukonstytuowana, multidyscyplinarna grupa pracownicza powinna dysponować specjalistyczną wiedzą i doświadczeniem w wytwarzaniu produktów. Pożądani są specjaliści z różnych dziedzin,



jak mikrobiologii, chemii żywności, technologii żywności, medycyny weterynaryjnej itp. Z doświadczenia wiemy, że braki często dotyczą wiedzy z zakresu higieny produkcji, możliwości powstawania zagrożeń i epidemiologii zatruc i zakażeń pokarmowych. Powołani członkowie zespołu powinni więc być przeszkoleni na odpowiednich kursach w zakresie HACCP.

### 17.5.2. Opisanie produktu

Zespół ds. HACCP musi przygotować dokument pod nazwą „Opis produktu” dotyczący produktu lub grupy produktów, dla których będzie opracowywany system. Informacja powinna zawierać szereg danych ważnych ze względu na bezpieczeństwo zdrowotne, takich jak: skład chemiczny, strukturę fizykochemiczną (w tym  $a_w$ , pH itp.), cechy i wymagania mikrobiologiczne, procesy utrwalania istotne z punktu widzenia stanu mikrobiologicznego produktu (np. obróbka cieplna, peklowanie, wędzenie, mrożenie itp.), opakowania, trwałość, warunki przechowywania i metody dystrybucji. Jest ważne, by dokładnie scharakteryzować produkt, uwzględniając przede wszystkim rodzaje używanych surowców i substancji dodatkowych dozwolonych, stosowany proces przetwórczy oraz właściwy sposób postępowania z produktem aż do momentu przekazania go konsumentowi. Propozycję formy i treści opisu wyrobu podano w tabeli 17.1.

### 17.5.3. Określenie przeznaczenia produktu

Kolejnym dokumentem opracowywanym przez zespół ds. HACCP jest opis określający przeznaczenie produktu, przygotowany do produktów wcześniej opisanych. Zespół powinien określić wykorzystanie lub zastosowanie produktu przez konsumenta. Należy przewidzieć niekonwencjonalne zastosowanie produktu, jak też określić grupę konsumentów, do których produkt jest skierowany, czy jest to cała populacja bez ograniczeń, czy tylko określona grupa, np. niemowlęta, ludzie starsi. Należy też podać przeciwwskazania, np. że wyroby peklowane nie powinny być spożywane przez dzieci do lat trzech.

### 17.5.4. Sporządzenie schematu technologicznego („diagramu przepływu”)

Dla wybranych produktów zespół powinien przygotować schematy procesu produkcyjnego („diagram przepływu”), począwszy od stosowanych surowców, poprzez produkcję, przetwórstwo, pakowanie, przechowywanie oraz dystrybucję. Schemat technologiczny procesu (w formie schematu blokowego) musi zawierać wszystkie operacje i procesy jednostkowe, jak również powinny być podane ich parametry. Do rysowania diagramu przepływu należy wykorzystywać symbole graficzne podane w normie [37] (rys. 17.3).

Przygotowany schemat pozwala analizować proces produkcyjny produktów, które są objęte systemem HACCP. Przykładowy schemat podano na rysunku 17.4.

Również często sporządza się lub wykorzystuje istniejący już plan całego zakładu, na którym zaznacza się rozmieszczenie wszystkich pomieszczeń z wpisaniem ich nazw. Rysunek trzeba wykonać w ustalonej skali. Na planie przedsiębiorstwa należy nanieść strzałkami kierunek przepływu surowca, półproduktów i produktu, tzn. przedstawić sekwencyjnie wszystkie procesy. Z tego wyniknie informacja, czy w jakimkolwiek miejscu następuje krzyżowanie się dróg, co jest wysoce niepożądane z racji powstawania dodatkowych zagrożeń.

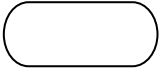




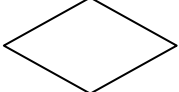



Tabela 17.1

## Przykład opisu wyrobu drobiowego

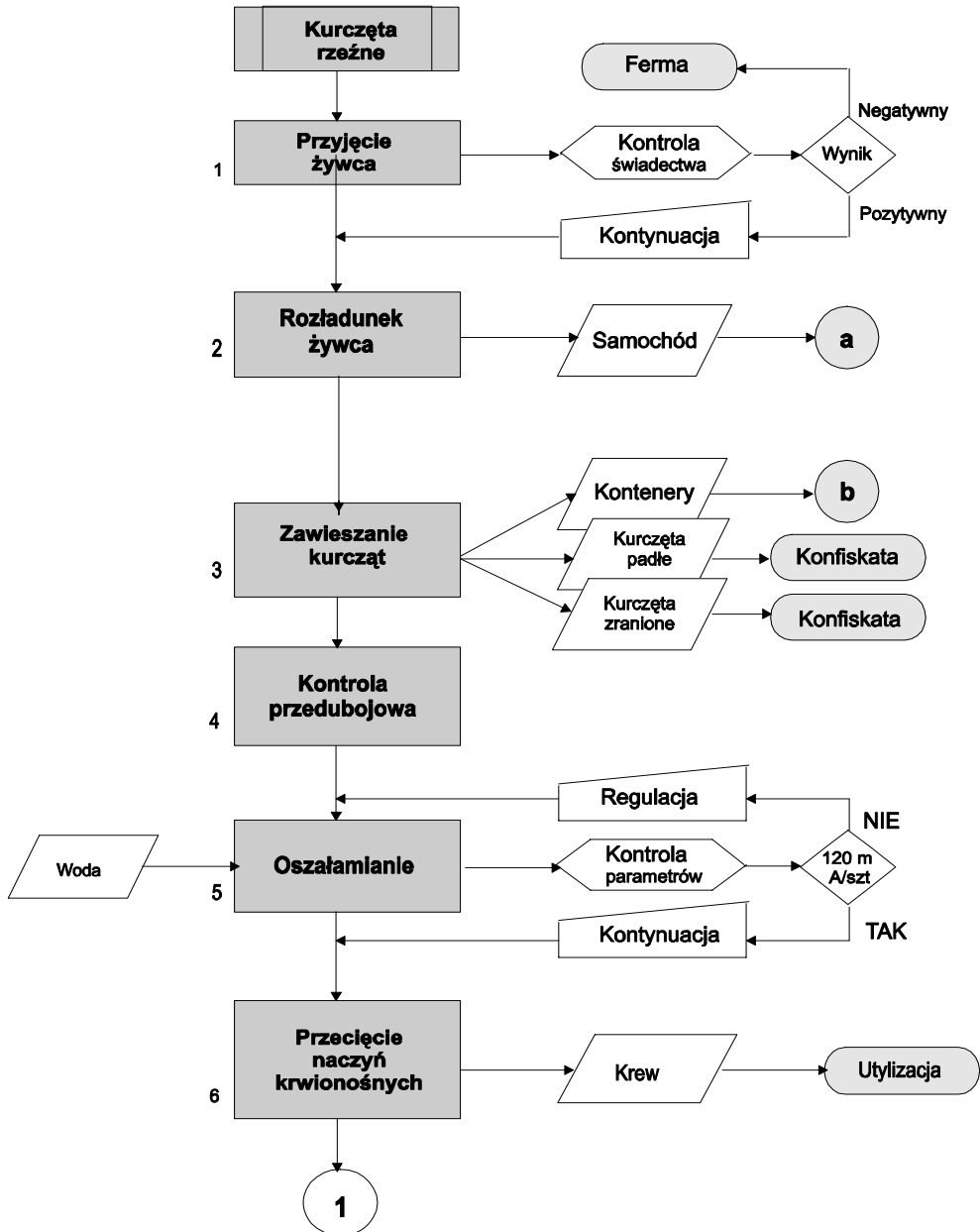
1. Nazwa produktu	Paszтет drobiowy poznański
2. Opis produktu	Konserwa drobiowa sterylizowana w puszcze aluminiowej. Wsad konserwy o kształcie nadanym przez puszkę (stożek ścięty). Masa wsadu $160 \pm 3$ g.
3. Składniki	Wątroba z kurcząt, wątroba wieprzowa, serca kurcząt, tłuszcz wieprzowy, kasza manna, skrobia, białko sojowe, masa jajowa, sól, pieprz czarny, gałka muszkatołowa.
4. Materiał opakowaniowy	Opakowanie jednostkowe: Puszka aluminiowa (stożek ścięty, o podstawie $\phi$ 6,5 cm). Opakowanie zbiorcze: Folia termokurczliwa (30 puszek). Opakowanie transportowe: Folia typu „stretch” i paleta drewniana.
5. Cechy chemiczne, zawartość:	
– wody	–
– tłuszczu	Nie więcej niż 38%
– białka	–
– węglowodanów	Skrobi: nie więcej niż 3%
– składników mineralnych	–
– witamin	–
– soli kuchennej	Nie więcej niż 2,1%
– azotynów/azotanów	Wg normy zakładowej
– metali ciężkich	Zgodne z wymaganiami rozporządzenia Ministra Zdrowia
6. Cechy mikrobiologiczne:	
– ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych w 1 g	Dopuszcza się pojedyncze kolonie bakterii w posiewach 1 g na podłożu płynne; jednak nie więcej niż 1–2 kolonie w posiewach na podłożu stałym
– liczba bakterii z rodzaju <i>Lactobacillus</i> w 1 g	–
– obecność <i>Escherichia coli</i> w 1 g	–
– obecność <i>Salmonella</i> w 25 g	–
– obecność <i>Staphylococcus aureus</i> w 0,1 g	–
– liczba <i>Bacillus cereus</i> w 1 g	–
– obecność <i>Clostridium perfringens</i> w 0,1 g	–
– obecność gronkowców chorobotwórczych koagulazododatnich w 1 g	–
– beztlenowe laseczki przetrwalnikujące	Nieobecne w 1 g
– liczba drożdży i pleśni w 10 g	Nieobecne w 1 g

Tabela 17.1 c.d.

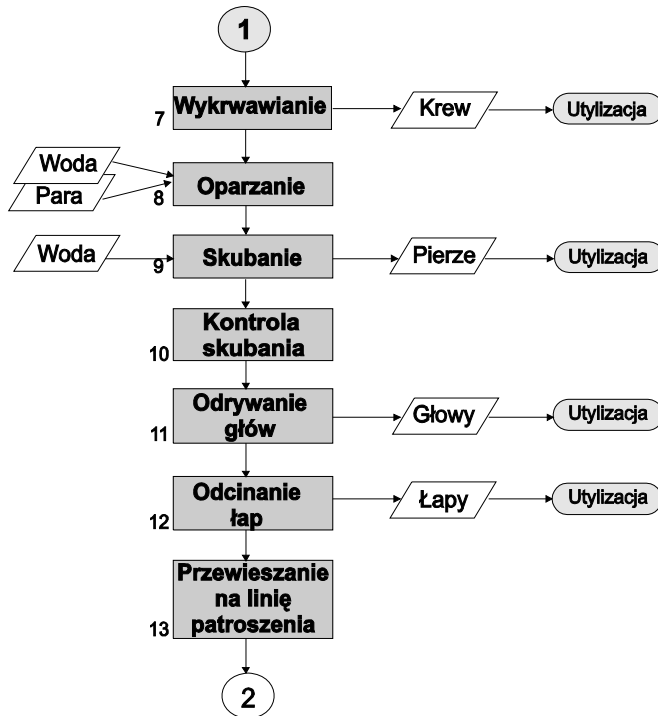
7. Cechy organoleptyczne	Jednorodna masa barwy jasnokremowej, zapach i smak charakterystyczny dla użytych surowców i przypraw; konsystencja smarowna. Dopuszczalne sporadycznie miękkie grudki.
8. Warunki przechowywania – temperatura i wilgotność	od 4 do 12°C i 75%
9. Okres trwałości – data minimalnej trwałości (najlepiej spożyć przed). – termin przydatności do spożycia	12 miesięcy od daty produkcji
10. Znakowanie lub wzór etykiety – nazwa (podana wyżej) – składniki (podane wyżej) – data minimalnej trwałości (lub termin przydatności do spożycia – podana wyżej) – sposób przygotowania lub stosowania (jeżeli brak tej informacji mógłby spowodować niewłaściwe stosowanie): – dane producenta środka  – zawartość netto lub liczba sztuk w opakowaniu – warunki przechowywania (jeżeli stosowano termin przydatności lub gdy jakość w istotny sposób zależy od warunków przechowywania).	Paszтет drobiowy poznański jak w punkcie 3 najlepiej spożyć przed końcem (miesiąc i rok)  spożywany na zimno  Zakłady Przetwórstwa Drobiowego Sp. z o.o., Swarzędz, ul. Chmurna 12 160 ± 3 g  Przechowywać w temp. 4–12°C (po otwarciu puszki – do dwu dni w temp. do 10°C).
11. Przeznaczenie konsumenckie	produkt dla całej populacji, z wyłączeniem dzieci do lat 3
12. Oficjalne wymagania dla wyrobu (przepisy prawne)	

Symbol	Znaczenie
	Początek, koniec schematu
	Proces, etap, operacja
	Proces równoległy, dalszy przerób
	Nazwa surowca, dodatku, opakowania, produktu ubocznego wzgl. niejadalnego
	Pomiar, monitorowanie, jednostki miar
	Podejmowanie decyzji
	Działanie dostosowawcze – zatrzymanie, regulacja lub kontynuacja
	Dokument – procedura, instrukcja, zapis
	Łącznik, kontynuacja schematu

Rys. 17.3. Symbole graficzne stosowane w sporządzaniu schematów technologicznych  
(źródło: ISO 9842 – Symbole)



Rys. 17. 4a. Przykład schematu technologicznego diagram przepływu z uproszczonymi pętlami dla dwóch CCP



Rys. 17.4b. Przykład schematu technologicznego diagram przepływu z uproszczonymi pętlami dla dwóch CCP – ciąg dalszy

### 17.5.5. Weryfikowanie schematu produkcyjnego w praktyce

Celem tego etapu jest potwierdzenie „diagramu przepływu” (schematu produkcyjnego) ze stanem faktycznym przebiegu procesów produkcyjnych w zakładzie i ewentualne naniesienie poprawek. Czynność ta powinna być wykonana przez członków zespołu ds. HACCP w warunkach produkcji. Otrzymany (przygotowany) schemat procesu technologicznego i jego opis (parametry procesu) członkowie zespołu powinni zweryfikować ze stanem faktycznym. W przypadku stwierdzenia rozbieżności należy na schemat produkcyjny nanieść odpowiednie poprawki zgodne ze stanem faktycznym.

Pozostałe etapy wdrażania to zasady systemu HACCP (siedem).

### 17.5.6. Przeprowadzenie analizy zagrożeń i wykaz środków prewencyjnych (zasada 1)

Jest to identyfikacja potencjalnych zagrożeń związanych z żywnością na wszystkich etapach łańcucha, od wytworzenia surowca przez przetworzenie i dystrybucję, aż do konsumpcji oraz ocena prawdopodobieństwa ich ujawnienia się i rozwinięcia, czyli ocena ryzyka.

Analiza zagrożeń prowadzona jest przez sporządzenie listy wszystkich realnych, prawdopodobnych, a nawet potencjalnych zagrożeń, o dużym znaczeniu dla zdrowia konsumenta, które mogą pojawić się w którymkolwiek z ogniw całego łańcucha produkcyjnego. Następnie należy przeprowadzić analizę w celu zidentyfikowania, na potrzeby planu HACCP, które z zagrożeń są tego rodzaju, że ich wyeliminowanie lub redukcja do akceptowanego poziomu, są istotne w produkcji bezpiecznej żywności.

Dla każdego z zagrożeń należy następnie zidentyfikować odpowiednie działania zapobiegawcze – jeśli istnieją – które mogą być zastosowane w sytuacji ujawnienia zagrożenia.

Możliwe jest znalezienie więcej niż jednego środka kontrolnego koniecznego do opanowania specyficznego zagrożenia, a także więcej niż jedno zagrożenie może być kontrolowane przez specyficzne działanie.

Zagrożenia (biologiczne) mikrobiologiczne, chemiczne oraz fizyczne specyficzne w przemyśle drobiarskim opisano w dalszej części rozdziału (17.6). Fizyczne zagrożenia typowe dla produktów przemysłu drobiarskiego to: metal, szkło, kości, chrząstki, drewno, sztuczne tworzywa i inne. Opisano je również w innych pracach [24, 27, 38, 46].

### **Priorytet zagrożeń**

Ocenę priorytetu zagrożeń z przeprowadzonej ich inwentaryzacji przez zespół ds. HACCP można przeprowadzać w oparciu o tzw. wskaźnik priorytetu zagrożeń zgodnie ze wzorem :

$$R = P \times S \times W$$

gdzie: R – ryzyko,

P – prawdopodobieństwo, częstotliwość występowania,

S – stopień szkodliwości,

W – wykrywalność zagrożenia.

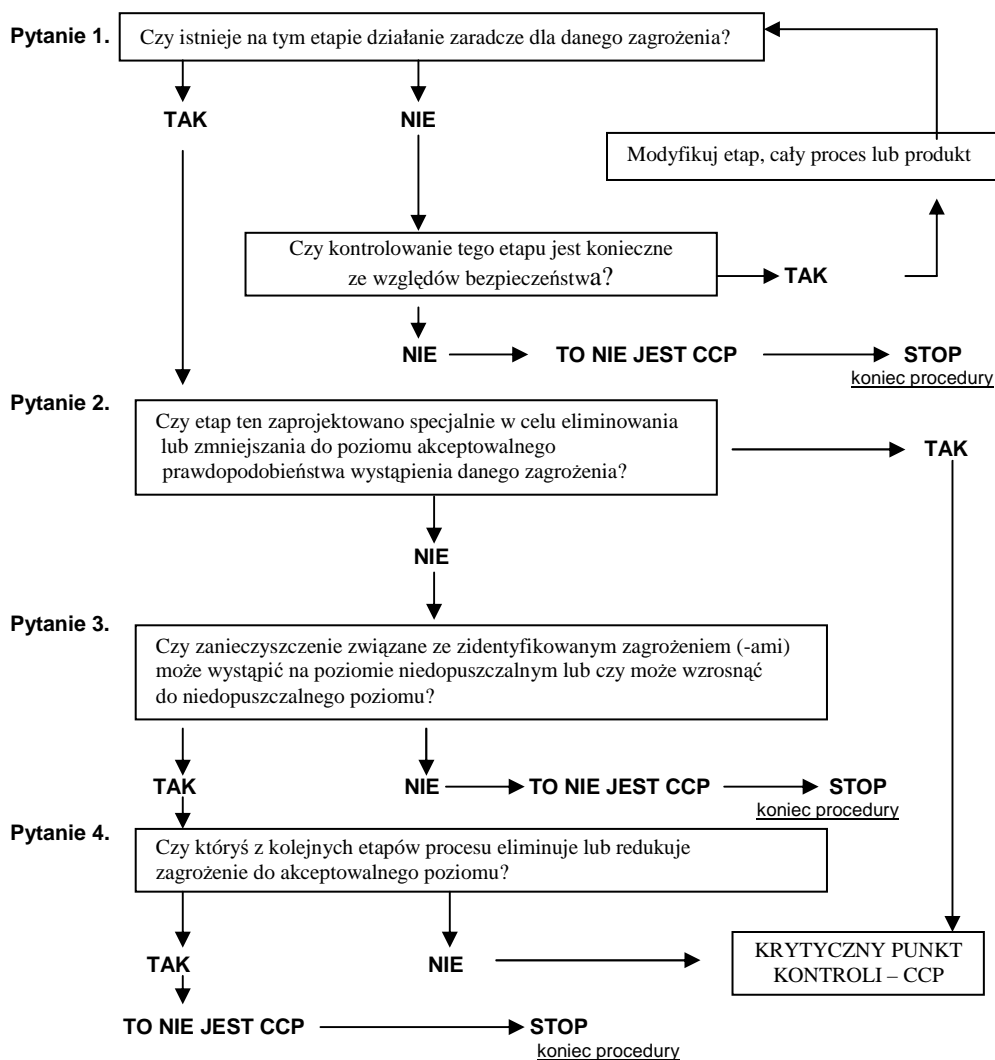
Wszystko to w następującej punktacji; dla P i S, 1 – małe, 2 – średnie, 3 – duże, a dla W 1 – łatwo, 2 – średnio, 3 – trudno. Gdy iloczyn jest równy lub większy niż 27, to zagrożenie winno być nadzorowane jako CCP, niezależnie od analizy „drzewa decyzyjnego” (patrz etap 7 i zasada 2 HACCP).

### **17.5.7. Ustalenie krytycznych punktów kontrolnych – CCP (zasada 2)**

Na podstawie przeprowadzonej analizy zagrożeń ustalane są krytyczne punkty kontrolne, tj. kroki (ang. step), czyli miejsca, etapy, procesy lub operacje jednostkowe, w których należy podjąć środki zapobiegawcze lub kontrolne w celu wyeliminowania, zapobieżenia lub zminimalizowania zagrożenia do poziomu dopuszczalnego. Możliwe jest wyznaczenie więcej niż jednego punktu kontrolnego dla tego samego zagrożenia.

Identyfikacja krytycznych punktów kontrolnych w systemie HACCP może być ułatwiona przez zastosowanie „drzewa decyzyjnego”, które ustawia w logiczny ciąg kilka pytań i odpowiedzi dotyczących możliwości zlikwidowania lub zmniejszenia, do akceptowalnego poziomu, zagrożenia w danym punkcie (rys. 17.5).

Zastosowanie „drzewa decyzyjnego” powinno być elastyczne: nie w każdej sytuacji jest konieczne i nie zawsze możliwe. Mogą być także stosowane inne sposoby postępowania.



17.5. Drzewo decyzyjne

Jeśli na etapie, na którym zostało zidentyfikowane zagrożenie, jest konieczna kontrola w celu zapewnienia bezpieczeństwa, a w miejscu tym nie ma możliwości wykonywania kontroli i sterowania oraz w procesie produkcyjnym nie można znaleźć żadnego innego miejsca, w którym taka regulacja jest możliwa – wtedy produkt lub proces powinien zostać zmodyfikowany na tym lub innym (wcześniejszym lub późniejszym) etapie, w celu uzyskania możliwości kontroli umożliwiającej opanowanie zagrożenia.



### 17.5.8. Ustalenie limitów krytycznych (zasada 3)

Wprowadzenie limitów krytycznych w każdym krytycznym punkcie kontrolnym umożliwia zapewnienie, że jest on pod stałą kontrolą. Wartość krytyczna parametrów procesu, która jednocześnie wyznacza granice tolerancji, oddziela stan akceptowalny od nieakceptowalnego. Obszar wartości krytycznej parametru stanowi jedno- lub dwustronne otoczenie wartości optymalnej, zwanej też docelową, do której dążymy. Wyznaczone wartości krytyczne winny gwarantować skuteczną eliminację zagrożenia. Przyjęcie i walidacja odpowiednich dla każdego CCP limitów krytycznych, tj. specyficznych miar (najczęściej temperatura, wilgotność, aktywność wody, pH, czas, cechy sensoryczne itp.) określających parametry poprawnego funkcjonowania procesów powinno być przeprowadzone w każdym CCP. Możliwe jest przyporządkowanie jednemu CCP kilku limitów krytycznych. W wielu przypadkach ustala się też wartości interwencyjne. Te ostatnie wartości stwarza pewien komfort przy nadzorze CCP. Szybka reakcja operatora procesu z wyprzedzoną regulacją pozwala panować nad ewentualną niestabilnością parametru i przekraczaniem granicznej wartości krytycznej, co zagrażać może bezpieczeństwu produktu lub też stracie (przeznaczenie na utylizację) partii surowca albo produktu z danego etapu procesu technologicznego. Może to mieć miejsce np. w większości procesów cieplnych.

### 17.5.9. Ustalenie systemu monitorowania CCP (zasada 4)

Polega ono na ustaleniu systemu monitorowania uwzględniającego z planowaną systematycznością obserwacje i pomiary oraz sposób zapisywania danych. Stosowanie procedury monitoringu powinno umożliwiać szybkie wykrywanie w każdym CCP odchylenia poza granice tolerancji, co ma też zapobiec wypuszczeniu na rynek produktu niebezpiecznego zdrowotnie. Należy dobrać odpowiednie procedury monitoringu. Monitoring powinien być prowadzony w sposób ciągły. Preferowany jest system zapisu ciągłego z użyciem urządzeń rejestrujących, dodatkowo podłączonego do systemu sygnalizującego wystąpienie nieprawidłowości. Z drugiej strony, możliwa jest prosta metoda monitoringu opartego na wzrokowej ocenie. Natomiast jeśli nie ma możliwości ciągłego monitorowania, powinna zostać ustalona częstotliwość pomiarów niezbędna do zagwarantowania pełnej kontroli CCP. Urządzenia pomiarowe winny być ze stałą częstotliwością testowane, tzn. kalibrowane czy wzorcowane wobec wskazań odpowiedniego wzorca i legalizowane, gdyż podstawą wartości monitoringu są wiarygodne wskazania przyrządów. Działania te powinny być udokumentowane. W programie monitoringu winny być uwzględnione:

- sposób i częstotliwość pobierania próbek do badań,
- opis sposobów monitorowania,
- metody prowadzenia i przechowywania zapisów,
- osoby odpowiedzialne za monitorowanie.

Należy również dbać o udokumentowanie każdego sprawdzenia. Wszystkie dokumenty muszą być sygnowane przez osoby dokonujące działań monitorujących, które są władne podjąć niezbędne działania korygujące, oraz przez osobę odpowiedzialną w przedsiębiorstwie za funkcjonowanie systemu.

### 17.5.10. Ustanowienie działań korygujących (zasada 5)

Zasada ta przewiduje przyjęcie dla każdego CCP właściwych działań korekcyjnych, które są stosowane w przypadku stwierdzenia odchylenia od limitów krytycznych. Działania korekcyjne muszą być określone zarówno dla procesu, jak i dla nieprawidłowo wytworzonego produktu. Działania korygujące mogą w konsekwencji zmierzać do wydzielenia produktu niespełniającego wymagań, śledzenia i dokumentowania jego losów. Jednocześnie powstaje potrzeba eliminacji przyczyn powstałej niezgodności. Odchylenia i rodzaj podjętych działań (w stosunku do procesu i do produktu) powinny być udokumentowane w postaci zapisów.

**Pętla kontroli jakości** (pkj) stanowi pomocne narzędzie nadzoru CCP, które jest elementem dokumentacji systemowej (rys. 17.6).

Dla każdego CCP należy wykonać pkj. Rysunki kontroli jakości są dobrą graficzną demonstracją sekwencji działań na wypadek utraty kontroli nad wartościami krytycznymi, istotnymi w bezpieczeństwie żywności. W każdym pkj winny być przywołane następujące dane: monitorowane parametry, przywołanie źródła z którego pochodzą, instrukcja przeprowadzenia pomiaru oraz zapisu wyników, instrukcja podjętych działań naprawczych, zapisy wykonanych działań, ponowne sprawdzenie parametrów i powrót względnie przejście do następnego etapu procesu.

### 17.5.11. Ustanowienia procedur weryfikacyjnych (zasada 6)

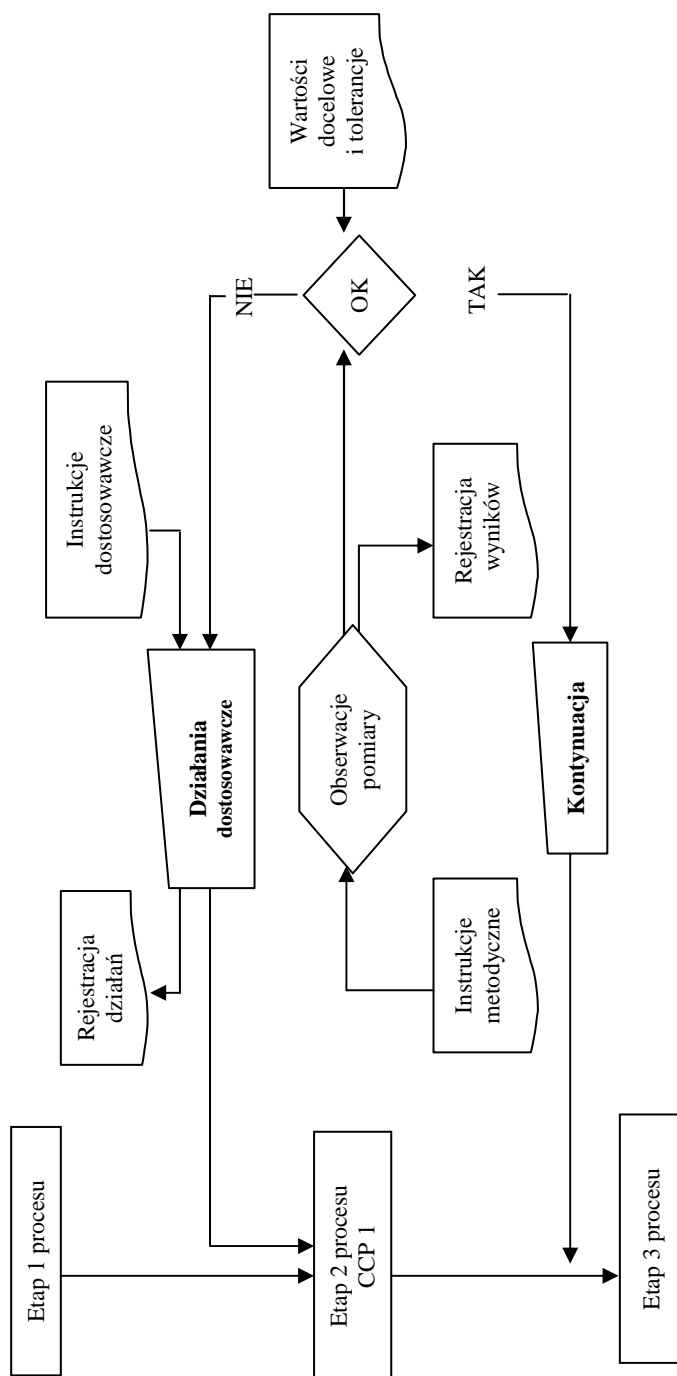
Przewiduje się określenie i ustalenie procedur weryfikacyjnych w całym systemie i ustanowienie sposobu przeprowadzania procedur weryfikacyjnych. Procedury weryfikacji obejmują dodatkowe testy i metody, obok realizowanych regularnie w funkcjonującym systemie HACCP, które mogą potwierdzić prawidłowe działanie systemu. W celu określenia czy system HACCP funkcjonuje prawidłowo, mogą być zastosowane różne metody: audyty, testy, analizy itp. Działania weryfikacyjne obejmują więc:

- walidację planu HACCP,
- audyt systemu HACCP,
- kalibrację instrumentów pomiarowych,
- analizy fizykochemiczne i mikrobiologiczne.

Weryfikacja winna dać odpowiedź, czy realizowany system HACCP jest zgodny z obowiązującymi zasadami i przyjętym planem HACCP, czy jest on skuteczny, i czy jest uaktualniany po jakichkolwiek zmianach mogących mieć wpływ na proces produkcyjny i jakość zdrowotną produktu?

Procedury te powinny być również przeprowadzane za każdym razem, gdy zachodzą zmiany w procesie produkcyjnym oraz w regularnych odstępach czasu, profilaktycznie. Częstotliwość weryfikacji powinna być odpowiednia do stwierdzenia, że system HACCP działa efektywnie.

Prawidłowa realizacja szóstej zasady systemowej daje możliwość doskonalenia systemu, który ma być żywym i dynamicznie rozwijającym się kompleksem stosowanych zasad i działań.



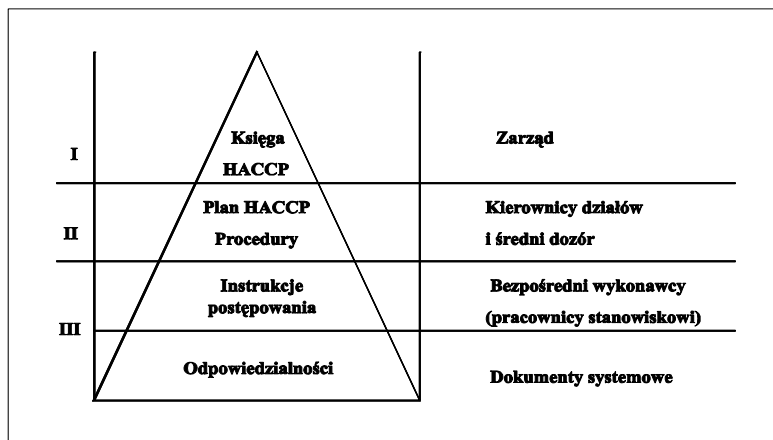
Rys. 17.6. Pętla nadzoru nad punktem krytycznym (pętla kontroli jakości)

### 17.5.12. Opracowanie systemu dokumentacji (zasada 7)

Budowanie dobrej, racjonalnie uzasadnionej, możliwie lakonicznej dokumentacji HACCP jest pracochłonne, a nawet uważane za zadanie trudne. Tworzenie jej wzbudza z reguły pewien opór w organizacji wdrażającej system. Stąd też próby przeforsowania w drugiej nowelizacji ustawy „o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia” z 30.10.2003 r. ograniczenia co do realizacji 6 i 7 zasady systemowej. Dokumentowanie systemu stanowi niezbędny argument w rękach organizacji dowodzący stosowania należytej staranności w celu zapewnienia konsumentowi bezpiecznego produktu. Dokumentacja systemu HACCP jest to zbiór różnych dokumentów dotyczących opracowania, wdrożenia i utrzymania systemu. Może się ona składać z następujących elementów:

- księgi HACCP,
- planu HACCP,
- procedur,
- instrukcji postępowania,
- zapisów w formularzach operacyjnych.

Częścią składową dokumentacji mogą być procedury związane z obowiązującym w zakładzie programem higieniczno-sanitarnym. Strukturę dokumentacji można przedstawić w postaci piramidy z jednoczesnym wskazaniem poziomu odpowiedzialności za nią (rys. 17.7).



Rys. 17. 7. Piramida dokumentacji systemu HACCP ze wskazaniem odpowiedzialnych w strukturze firmy

Siądma zasada systemu HACCP przewiduje ustalenie sposobu dokumentacji i przechowywania danych dotyczących działania systemu. Prowadzenie i przechowywanie dokumentacji jest podstawowym elementem systemu HACCP. Zapisy mają być dokładne i odpowiednie do natury i rozmiaru operacji. Powinny być przechowywane nie tylko w komputerowym zapisie, ale też w zapisie ręcznym. Wszystkie dokumenty systemowe winny mieć układ formalny, tzn. odpowiednią stronę tytułową, nagłówki i stopki zawierające informacje identyfikacyjne. Przyjęty układ formalny dokumentów ma zapewnić nadzór

nad nimi, dlatego musi zawierać wszystkie niezbędne dla użytkownika dane, najlepiej umieszczone na stronie tytułowej dokumentu. Powinna istnieć łatwa i szybka metoda, ustalenia takich danych, jak:

- numer typu dokumentu,
- kolejność i data wydania,
- numer kopii,
- liczba i kolejność stron,
- rozdzielnik, tzn. wykaz osób które muszą posiadać dany dokument,
- nazwiska osób opracowujących, sprawdzających i zatwierdzających dokument.

Dokumentacja systemu HACCP często wzorowana jest wg norm serii ISO 9000. Szczegółowy opis takiego dokumentowania systemu w konwencji systemu ISO 9001 i zintegrowanego systemu podano w dwóch opracowaniach: Kijowski i Wysłouch [22] oraz Wysłouch i Kijowski [51]. Ponieważ nie ma podobnego dokumentu w krajowych regulacjach prawnych, który ustala zakres i szczegółowość wymaganej dokumentacji HACCP, to często realizatorzy i konsultanci posługują się wymaganiami normy duńskiej lub holenderskiej. Jako przykład zalecanej dokumentacji może służyć poniżej podana sugestia:

#### ***Wstęp do księgi***

- Historia i charakterystyka organizacji wdrażającej system.
- Organizacyjny schemat firmy.
- Polityka kierownictwa w zakresie bezpieczeństwa zdrowotnego produktów.
- Zakres, obszar wdrażanego systemu.
- Zarządzenie kierownictwa o powołaniu zespołu ds. HACCP.
- Podstawowe definicje systemu.

#### ***Właściwy plan HACCP***

Dokumentacja projektowanego systemu HACCP powinna zawierać opis 12 etapów realizacji (wdrażania) systemu.

Etap 1. Skład zespołu HACCP.

Etapy dotyczące produktu:

Etap 2. i 3. Opis produktu i jego przeznaczenie.

Etapy dotyczące procesu:

Etap 4, 5. Schemat procesu technologicznego i sprawdzenie przebiegu procesu w warunkach jego wdrażania.

Etapy dotyczące zagrożeń:

Etap 6, 7. Opracowanie listy zagrożeń, ich charakterystyka oraz zidentyfikowanie CCP.

Etapy dotyczące obsługi CCP:

Etap 8, 9, 10, 11. Ustalenie wartości krytycznych, sposobu monitorowania w każdym CCP, działań korygujących, sposobu weryfikacji. Dodatkowo można zamieścić schematy pętli kontroli do łatwiejszej obsługi CCP w zakresie podanym przez etapy 8–11.

Etap dotyczący dokumentowania:

Etap 12. Postanowienia o dokumentacji, zapisy i ich nadzorowanie.

### **Załączniki do Księgi**

- Lista zbioru procedur.
- Lista zbioru instrukcji.
- Lista procedur GMP i GHP.
- Programy związane z bezpieczeństwem zdrowotnym (np. identyfikacji produktu).
- Plany związane z systemem HACCP.
- Harmonogramy dotyczące systemu HACCP.
- Spis i zbiór wszystkich formularzy systemu, w tym formularzy zapisów w CCP.
- Lista regulacji prawnych dotyczących bezpieczeństwa zdrowotnego żywności.
- Lista aktów prawnych stanowiących podstawę działalności zakładu.

To, czy określoną dokumentację załączymy do księgi, czy będzie to tylko lista tych dokumentów, zależeć będzie od obszerności całej dokumentacji. Technicznie łatwiej tworzyć odrębne dokumentacje – skoroszyty, teczki, np. GMP czy GHP.

Wprowadzenie systemu HACCP niejednokrotnie wymaga przebudowy całego procesu produkcyjnego. Dzieje się tak w przypadku wykrycia zagrożenia, które nie może być zlikwidowane lub zminimalizowane w żadnym ze zidentyfikowanych punktów kontrolnych.

## **17.6. Specyfika zagrożeń zdrowotnych w łańcuchu produkcji drobiarskiej**

### **17.6.1. Zagrożenia mikrobiologiczne**

Stan higieniczny mięsa drobiowego zależy od jakości surowca rzeźnego oraz od warunków sanitarno-higienicznych w procesie jego przetwarzania. Stan zanieczyszczenia mikrobiologicznego surowca rzeźnego kształtowany jest już na etapie:

- produkcji jaj wylęgowych (stada rodzicielskie),
- wylęgu piskląt (zakłady wylęgowe),
- odchowu lub tuczu drobiu (fermy towarowe),
- transportu drobiu do rzeźni.

Na higieniczny stan ptaków wpływają warunki środowiskowe chowu drobiu reprodukcyjnego i odchowu drobiu rzeźnego, takie jak:

- obsada na m<sup>2</sup> powierzchni podłogi,
- wymiana powietrza,
- temperatura i wilgotność względna powietrza,
- rodzaj i stan ściółki,
- higiena zbioru i transportu jaj do zakładu wylęgowego,
- jakość mieszanek paszowych – obecność zanieczyszczeń mikrobiologicznych i chemicznych,
- stopień wygłodzenia drobiu,
- stan higieniczny transportu drobiu do rzeźni – czystość klatek.

Duży wpływ na bezpieczeństwo zdrowotne mięsa i przetworów drobiowych mają także procesy technologiczne drobiu, a zwłaszcza GMP następujących procesów:

- oparzania,
- skubania,
- patroszenia,
- mycia,
- schładzania,
- stan higieniczny pomieszczeń, urządzeń, sprzętu i personelu produkcyjnego.

Możliwość zanieczyszczenia mięsa i przetworów drobiowych substancjami szkodliwymi stanowią zagrożenie dla zdrowia konsumentów. Według rozporządzenia Unii Europejskiej – przez „zanieczyszczenie” żywności rozumie się: „Każdą substancję nie dodaną celowo do żywności, a której obecność jest wynikiem produkcji (zabiegi w trakcie uprawy i zbiorów), hodowli zwierząt, medycyny weterynaryjnej, przetwarzania, przygotowywania, obróbki i pakowania, transportu, przechowywania lub rezultatem zanieczyszczenia środowiska” [43]. Niektóre z przedstawionych poniżej informacji o zagrożeniach mikrobiologicznych żywności pochodzą z rozdziału o higienie mięsa i przetworów drobiowych autorstwa Cegielskiej-Radziejewskiej i Woś w nowo wydanej książce pod redakcją Grabowskiego i Kijowskiego [6].

## BAKTERIE

Mikroorganizmy występujące na tuszkach drobiowych związane są ze środowiskiem, w jakim żyje drób. Najliczniejszą grupę stanowią bakterie, mniej licznie występują pleśnie i drożdże. Bakterie znajdujące się na tuszkach drobiowych należą zarówno do bakterii saprofitycznych, jak również patogennych. Z tego względu odgrywają różną rolę w bezpieczeństwie zdrowotnym i trwałości tuszek podczas przechowywania. Najczęściej na tuszkach drobiowych identyfikuje się następujące rodzaje bakterii: *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Actinomyces*, *Aerobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacteroides*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Brevibacterium*, *Brochotrix*, *Campylobacter*, *Clostridium*, *Cytophaga*, *Corynebacterium*, *Chromobacterium*, *Citrobacter*, *Escherichia*, *Eubacterium*, *Flavobacterium*, *Fusobacterium*, *Gafkya*, *Haemophilus*, *Klebsiella*, *Kurthia*, *Lactobacillus*, *Listeria*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Moraxella*, *Neisseria*, *Photobacterium*, *Plesiomonas*, *Propionibacterium*, *Providencia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Sarcina*, *Serratia*, *Shewanella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Yersinia*, *Vibrio* [12, 16, 18].

Na powierzchni ciała ptaków stwierdza się przyzyciowo najczęściej takie rodzaje bakterii, jak: *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Listeria*, *Pseudomonas*, *Serratia* i *Staphylococcus*.

Bakterie występujące na tuszkach drobiowych charakteryzują się wspólnymi cechami:

- pochodzenie z otaczającego środowiska (zarówno w czasie chowu, jak również w czasie obróbki poubojowej),
- zdolność do wzrostu w warunkach tlenowych,
- duża przyczepność do powierzchni skóry drobiu i związane z tym trudności usunięcia ich z tuszek podczas obróbki.

Ich skład uzależniony jest zarówno od mikroflory środowiska, jak również technologii obróbki. Bakterie te są zdolne do wzrostu w szerokim zakresie temperatury i w zależności od temperatury przechowywania, ze względu na różną aktywność biochemiczną stanowią niejednakowe zagrożenie dla zdrowia konsumentów i trwałości tuszek.

## Bakterie powodujące zepsucie mięsa drobiowego

Początkowa mikroflora znajdująca się na mięsie drobiowym jest zróżnicowana i obejmuje zarówno bakterie Gram-dodatnie, jak również Gram-ujemne. Znaczną grupę stanowią bakterie powodujące psucie mięsa, szczególnie przechowywanego w warunkach chłodniczych.

Dominującą mikroflorę mięsa drobiowego stanowią bakterie Gram-dodatnie, takie jak: mikrokoki, bakterie kwasu mlekowego i *Brochothrix thermosphacta* [18]. Do najliczniejszej grupy bakterii Gram-dodatnich znajdujących się na mięsie drobiowym zalicza się bakterie z rodzaju *Micrococcus* i *Staphylococcus*, które spotyka się powszechnie na skórze człowieka i ptaków. Spośród chorobotwórczych bakterii Gram-dodatnich na mięsie drobiowym mogą występować *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, niektóre z rodzaju *Clostridium* spp. (*Cl. perfringens* A i C, *Cl. bifermentans*, *Cl. botulinum* A, B, E i F, *Cl. novyi*, *Cl. sordellii*).

Większość bakterii Gram-dodatnich może rozwijać się przy pH wynoszącym od ok. 4,0 do 4,5 (minimalne pH od 3,7 dla *Lactobacillus* spp. do 5,5 dla *Listeria* spp.). Do bakterii, które mogą rozwijać się w niskich temperaturach, należą: *Brochothrix thermosphacta*, *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp., *Listeria* spp. Bakterie Gram-dodatnie w warunkach ograniczonego dostępu tlenu stanowią silną konkurencyjną przewagę dla bakterii Gram-ujemnych.

Po schłodzeniu tuszek dominująca mikroflora mezofilna (*Micrococcus* 34%, *Corynebacterium* 24%, *Lactobacillus* 16%) [48] zostaje zahamowana na skutek działania niskiej temperatury. Powstają warunki sprzyjające rozwojowi bakterii psychrotrofowych i psychrofilnych. Następuje spowolnienie wzrostu bakterii. Skład mikroflory zmienia się i jest typowy dla tuszek przechowywanych w chłodni. Bakterie Gram-ujemne stają się dominującą mikroflorą mięsa drobiowego. Jednak, jeżeli w czasie przechowywania nastąpi podwyższenie temperatury np. do 20–22°C, wówczas obecna na tuszkach mikroflora mezofilna zaczyna się rozwijać. W grupie bakterii Gram-ujemnych można wyróżnić pałeczki tlenowe posiadające zdolność poruszania się: *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Alteromonas*, *Alcaligenes* (*Achromobacter*), tlenowe pałeczki nie posiadające zdolności ruchu: *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter* względnie beztlenowe pałeczki z rodziny *Enterobacteriaceae*: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Hafnia*, *Proteus*, *Serratia*, *Escherichia*, *Yersinia*, *Providencia* oraz bakterie należące do rodziny *Vibrionaceae*: *Vibrio*, *Plesiomonas*, *Photobacterium*, *Aeromonas*.

Bakterie należące do rodzaju *Pseudomonas*, *Acinetobacter* i *Shewanella* stanowią najliczniejszą mikroflorę zepsutego mięsa [11, 44].

Z rodziny *Vibrionaceae* bakterie z rodzaju *Vibrio* i *Aeromonas* biorą udział w psuciu mięsa i produktów z mięsa, szczególnie w warunkach obniżonego poziomu tlenu. Bakterie z rodzaju *Vibrio* rozwijają się głównie w warunkach podwyższonego stężenia chlorku sodu.

## Bakterie chorobotwórcze

Spośród mikroflory spotykanej na tuszkach kurcząt jako chorobotwórcze, mogące wywoływać zatrucia i/lub zakażenia pokarmowe u człowieka wymienia się następujące bakterie [10, 12]:

*Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O 157:H 7, *Yersinia enterocolitica*, *Shigella* spp., *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila* itp.



### ***Salmonella species* (Rodzina: *Enterobacteriaceae*)**

W ostatnich kilkudziesięciu latach rozprzestrzenianie się pałeczek *Salmonella* stało się poważnym zagrożeniem dla zdrowia ludzi i zwierząt. Za najpoważniejsze źródło tych drobnoustrojów uważa się drób i jaja. Zakażenie *Salmonella* spp. u drobiu wywodzi się ze stad rodzicielskich (jaja wylęgowe), środowiska otaczającego pisklęta bezpośrednio po wylęgu, pasz i warunków środowiskowych chowu drobiu [17]. Wyeliminowanie tych czynników w warunkach produkcji przemysłowej, z zachowaniem racjonalnych kosztów produkcji, jest mało realne na obecnym etapie wiedzy i praktyki [3].

Spośród występujących u drobiu: *S. gallinarum*, *S. pullorum*, *S. anatum*, *S. tenessee*, *S. typhimurium* największe zagrożenie stanowi szczep (serowar) *S. enteritidis* charakteryzujący się dużą inwazyjnością, wywołujący zatrucia pokarmowe u człowieka. W Polsce przyczyną większości zatruc pokarmowych jest *S. enteritidis* (70–90% przypadków) i *S. typhimurium* (5–15%) [52]. *Salmonella enteritidis* serotyp 4 jest dominującym i izoluje się go coraz częściej zarówno od ludzi, jak i od zwierząt. Wykazano, że ***S. enteritidis* jest przenoszona z pokolenia na pokolenie drogą transowarialną** (przez jajniki) w organizmie nosicieli w przeciwieństwie do innych serotypów, które rozsiewają się przez zanieczyszczone kałem skorupy jaj i zakażają pisklęta po wylęgu. Stwierdzono, że zakłady wylęgowe są poważnym ogniwem powstawania zakażeń krzyżowych piskląt w komorach lęgowych.

W zwalczaniu zakażeń *Salmonella* u wylężonych piskląt stosuje się metodę konkurencyjnego eliminowania (*CE* – competitive exclusion), w której wykorzystuje się zjawisko wprowadzania do przewodu pokarmowego piskląt mikroflory występującej w przewodzie pokarmowym ptaków dorosłych, przy wykorzystaniu preparatów zawierających żywe kultury bakterii. Stwierdzono, że metoda konkurencyjnego eliminowania hamuje zakażenie drobiu pałeczkami *Salmonella* i w wielu krajach stanowi część programu zwalczania *Salmonella* w stadach rodzicielskich. Krajowy program zwalczania salmonelloz obejmuje badania monitoringowe wszystkich stad w kierunku zakażeń pałeczkami *Salmonella* oraz dotyczy sposobu postępowania ze stadem zakażonym. Słabością krajowego programu zwalczania salmonelloz jest brak środków finansowych, dlatego też część wskazań zawartych w instrukcjach wydanych przez głównego Lekarza Weterynarii 12 lipca 1999 r. ma charakter zaleceń, a większość kosztów pokrywają producenci.

Problem zakażeń *Salmonella* spp. jest najpoważniejszym i najtrudniejszym do rozwiązania, zważywszy na częstość występowania tych bakterii u drobiu [19, 30].

### ***Listeria species* (Rodzina: *Corynebacteriaceae*)**

*Listeria monocytogenes* zalicza się do „nowych patogenów”. *Listeria monocytogenes* występuje w kale zwierząt i ludzi, w rozkładających się materiałach roślinnych, glebie, wodzie i ściekach.

Stwierdzone sporadycznie przypadki zakażeń u ludzi po spożyciu mięsa drobiu dotyczyły potraw przyrządzonych z zastosowaniem delikatnej obróbki termicznej (typu ragout) lub przypadków wtórnego zanieczyszczenia produktów gotowych, zwłaszcza wędlin. Zagrożenie wtórnego zakażenia *L. monocytogenes* gotowych produktów z mięsa drobiowego ma miejsce przy plasterkowaniu i pakowaniu wędlin, zwłaszcza podczas późniejszego ich przechowywania w stanie schłodzonym. *L. monocytogenes* stanowi poważne zagrożenie ze względu na możliwość wzrostu w temperaturze chłodni. Może być przyczyną zatruc produktami przechowywanymi w chłodziarkach domowych. W wędlinach pakowanych

próżniowo (warunki względnie beztlenowe) obniżone stężenie tlenu i niska temperatura przechowywania, np. w ladach chłodniczych sklepów lub chłodziarkach domowych sprawiają, że możliwy jest wzrost tej bakterii.

Na tuszkach drobiu *L. monocytogenes* może występować, jak stwierdzono, w 17–70% badanych prób indyków oraz 15–66% kurcząt [21, 15].

Istnieje również problem zwalczania *L. monocytogenes*, w zakładach produkujących żywność, w procesie dezynfekcji. Namnażanie bakterii na wadliwie oczyszczonych powierzchniach przebiega w ten sposób, że tworzą one błonkę komórek, jedno- lub wielowarstwową o dużej zdolności adhezji do powierzchni. Przy takim wzroście bakterii w postaci powierzchniowej błonki zmieniają się ich cechy fizjologiczne i stają się bardziej odporne na działanie niektórych środków [45].

### ***Staphylococcus aureus* (Rodzina: Micrococcaceae)**

Najczęściej spotykanymi przedstawicielami *Staphylococcus* są *S. aureus*, *S. epidermidis* i *S. saprophyticus*, stwierdzane najczęściej w jamie nosowo-gardłowej drobiu i na skórze ptaków.

Na zakażenie tuszek *S. aureus* wpływają stłuczenia przyżyciowe występujące u drobiu, do których dochodzi w czasie transportu (zwłaszcza przy załadunku ptaków na fermie i wyładunku w rzeźni). Mikrośrodowisko stłuczonej tkanki stanowi bowiem dobre podłoże do wzrostu mikroflory. Z miejsc stłuczeń mikroflora może przenikać do organizmu ptaka.

Tuszki drobiowe mogą również ulegać zanieczyszczeniu gronkowcami podczas obróbki poubojowej w rzeźni (oparzania, skubania). Do zanieczyszczenia *S. aureus* dochodzi również wskutek kontaktów z rękami pracowników. Zanieczyszczenia wtórne powstają też podczas dzielenia tuszek.

### ***Clostridium botulinum* (Rodzina: Clostridiaceae)**

*Clostridium botulinum*, czyli laseczka jadu kiełbasianego, jest powodem najgroźniejszych zatruc pokarmowych. Wytwarza przetrwalniki odporne na działanie temp. gotowania (100°C). Zniszczenie przetrwalników wymaga temp. 120°C stosowanej w czasie 4 minut. Toksyna botulinowa jest natomiast termolabilna i ulega inaktywacji w temp. 85°C w czasie 15 min, a w temp. 100°C w ciągu jednej minuty. Zatrucie jadem kiełbasianym nosi nazwę botulizmu. Przetrwalniki *C. botulinum* stwierdzono w surowych tuszkach kurcząt w 0,3% badanych prób.

### ***Clostridium perfringens* (Rodzina: Clostridiaceae) laseczka zgorzeli gazowej**

Beztlenowa Gram (+) laseczka przetrwalnikująca, występująca przede wszystkim w glebie, wodzie, ściekach oraz w przewodzie pokarmowym zwierząt, gdzie wydziela substancje toksyczne, ujemnie wpływające na wzrost zwierząt. *C. perfringens* stwierdzono na tuszkach kurcząt w 91% badanych prób, natomiast na tuszkach indyczych w 56% prób. Najwyższe zanieczyszczenie laseczkami zgorzeli gazowej wykazano na upierzeniu i łapach ptaków przed ubojem.

*C. perfringens* wyizolowano również z powierzchni roboczych urządzeń. *Clostridium perfringens* stwierdzono po procesie schładzania w badanych podrobach kurcząt (18% prób serc i 50% prób wątrób i żołądków). Obecność *C. perfringens* wykazano także na tuszkach indyczych oraz w przetworach gotowanych z mięsa indyczego.

### ***Campylobacter species* (Rodzina: *Campylobacteriaceae*)**

Rodzaj *Campylobacter* to Gram (-), ruchliwe, spiralnie skręcone pałeczki (przecinkowce). W żywności najczęściej występuje *Campylobacter jejuni*. Obok *Campylobacter jejuni* przyczyną zatruc mogą być również *Campylobacter coli* i *Campylobacter lari*. Bakterie te mogą przeżywać w niskich temperaturach chłodni, lecz są bardzo wrażliwe na zamrożenie.

Bakterie z rodzaju *Campylobacter* występują w przewodzie pokarmowym ptactwa domowego, dzikiego, bydła i świń. *Campylobacter* izoluje się również z wody i ścieków. W rzeźniach drobiu bakterie *Campylobacter* spp. stwierdzono w wodzie w schładzalnikach (100–3000 jtk/ml) oraz w próbach powietrza i na powierzchniach urządzeń [12]. *Campylobacter jejuni* wyizolowano z rąk 73% badanych pracowników mających kontakt z surowym mięsem drobiowym [20].

Najwięcej żywych bakterii *Campylobacter* stwierdza się na tuszkach drobiowych bezpośrednio po obróbce, a podczas przechowywania chłodniczego liczba ich się zmniejsza ze względu na wrażliwość na wysychanie. W przypadku zastosowania schładzania tuszek metodą owiewową przeżywalność *Campylobacter* jest niewielka ze względu na dwa negatywnie oddziałujące czynniki, tj. niską temperaturę (-2°C) oraz małą wilgotność. Obecność *C. jejuni* stwierdzono w 85% badanych prób z wątrób kurcząt i 89% prób z żołądków otrzymanych bezpośrednio po patroszeniu.

Badania tuszek drobiowych wykazały, że w Polsce drób jest również rezerwuarem bakterii *Campylobacter*. Na próbach pobranych przed schładzaniem z tuszek różnych gatunków drobiu zarejestrowano obecność bakterii *Campylobacter* w 80,3% prób w przypadku kurcząt, 48,0% kaczek, 38% gęsi i 3% indyków [29].

Wskazuje się, że najskuteczniejszym sposobem redukcji zakażenia produktów drobiowych jest zapobieganie kolonizacji drobiu bakteriami *Campylobacter* na poziomie fermy [20]. Większość spośród wyizolowanych bakterii *Campylobacter* u kurcząt brojlerów należała do *Campylobacter jejuni* (66%), pozostałe 34% do *Campylobacter coli* i *Campylobacter lari*. Zakażenie ptaków najczęściej następuje na drodze transmisji poziomej ze środowiska, głównie przez insekty, gryzonie, dzikie ptaki i zwierzęta domowe, szczególnie świnie [7, 26].

Bakterie *Campylobacter* u człowieka mogą wywołać zakażenie pokarmowe przypominające w przebiegu salmonellozę. Częstymi powikłaniami są: zapalenie wątroby, trzustki, stawów oraz zapalenie opon mózgowych. W większości przypadków przyczyną wystąpienia zakażeń pokarmowych jest niewystarczająca obróbka termiczna mięsa [4].

### ***Escherichia coli* (Rodzina: *Enterobacteriaceae*)**

*Escherichia coli* – Gram-ujemna pałeczka z rodziny *Enterobacteriaceae*. Bakteria ta stanowi naturalną mikroflorę przewodu pokarmowego człowieka i zwierząt, gdzie dominuje jako gatunek reprezentujący względne beztlenowce.

*Escherichia coli* jest drobnoustrojem monitorowanym w rzeźniach drobiu ze względu na fakt, że stanowi wskaźnik (zakażenia fekalnego) stanu higienicznego, jak również pośredni wskaźnik obecności chorobotwórczych bakterii jelitowych. Obok szczepów kolonizujących przewód pokarmowy, należących do nieszkodliwych komensali (współbiedników/pasożytów), występują szczepy chorobotwórcze wywołujące wyraźne objawy zakażenia pokarmowego połączonego z biegunką [2].

Do bakterii patogennych zalicza się m.in. szczepy enterokrwotoczne (enterohemoragic) (EHEC), w tym *Escherichia coli* O 157: H7 wytwarzające shigatoksynę. Po raz pierwszy zidentyfikowane zostały jako ludzki patogen w 1982 roku. Bakterie te wywołują objawy od bezkrwawej biegunki poprzez krwotoczne zapalenie okrężnicy do krwotocznego zapalenia pęcherza moczowego i choroby Moschowitza (zakrzepowa plamica małopłytkowa).

Większość dużych infekcji spowodowana była spożyciem hamburgerów z mięsa wołowego, jednakże zachorowania stwierdzono także po spożyciu kanapek z indykiem. Przeżywalność *E. coli* O 157: H7 w czasie ogrzewania uzależniona jest od rodzaju mięsa drobiowego (mięso kurcząt i mięso indyków) oraz od zawartości tłuszczu. W różnych badaniach temperaturach (50, 55 i 60°C) wartość D była wyższa w mięsie o zawartości 11% tłuszczu zarówno w mięsie indyczym, jak i z kurcząt w stosunku do mięsa o zawartości tłuszczu 3% [1]. Modyfikowana atmosfera nie zabezpiecza przed wzrostem *E. coli*. Żywność taka spożywana w stanie surowym lub niedostatecznie ogrzanym (przez mniej niż 10 min w temp. 70°C) może stać się źródłem infekcji.

Należy podkreślić, że wystarczająco ogrzewane mięso i produkty mięsne nie stanowią żadnego podwyższonego ryzyka zakażenia EHEC. W celu uniknięcia infekcji EHEC poprzez spożycie żywności, szczególnie groźnej dla ludzi starszych i dzieci, należy zrezygnować ze spożywania produktów mięsnych surowych względnie niedostatecznie ogrzanych.

### ***Yersinia enterocolitica* (Rodzina: Enterobacteriaceae)**

Są to Gram-ujemne pałeczki, względne beztlenowce, należące do rodziny *Enterobacteriaceae*. W żywności występuje przede wszystkim *Yersinia enterocolitica*. Jako że może nastąpić rozwój w temp. ok. 0°C, istnieje możliwość wzrostu bakterii w produktach przechowywanych w chłodni. Względny beztlenowiec może rozwijać się w produktach pakowanych próżniowo lub w atmosferze gazów ochronnych (również mięsie) i przechowywanych w warunkach chłodniczych.

Spośród 108 badanych prób drobiu (wątroba, żołądek, skrzydła, nogi, szyje, mięśnie piersiowe, jak również produkty z mięsa drobiowego) z 73 (68%) wyizolowano *Yersinia enterocolitica* [13]. Podobne badania tuszek kurczących wykazały obecność *Yersinia enterocolitica* w 59% prób.

### ***Aeromonas hydrophila* (Rodzina: Vibrionaceae)**

*Aeromonas hydrophila* wyizolowano z różnego rodzaju produktów, również z drobiu. Drobnoustroj jest też przyczyną psucia się żywności, w tym mięsa i produktów z mięsa. Stwierdzono, że drobnoustroj może również dobrze rozwijać się w modyfikowanej atmosferze ze względu na możliwość wzrostu nawet w obecności 100% dwutlenku węgla. W warunkach tlenowych bakterie *Aeromonas hydrophila* przegrywają we współzawodnictwie z szybciej rozwijającymi się bakteriami z rodzaju *Pseudomonas*.

### **Zmiany w tuszkach drobiowych w czasie przechowywania wywołane przez drobnoustroje**

Przyczyną zmian jakościowych tuszek drobiowych w czasie ich przechowywania jest głównie mikroflora bakteryjna, liczniejsza w tuszkach niż zarodniki pleśni i drożdże.

Klasyczne saprofity, mikroflorę psującą mięso nie traktuje się z reguły jako istotne zagrożenie zdrowia człowieka tak jak patogeny, ale w niektórych podejściach do HACCP poczućie wstępu (np. wynikające z pojawienia się nieprzyjemnego zapachu psującego się mięsa) jest też traktowane jako zjawisko wymagające ciągłego, systemowego nadzoru [39]. Zwiększony stan zanieczyszczenia drobiu mikroflorą tlenową lub względnie tlenową daje organoleptycznie ostrzeżenie, że również obecność mikroflory chorobotwórczej może być znaczniejsza.

Bakterie psychrofilne przejawiają większą aktywność biochemiczną podczas przechowywania chłodniczego i szybszy wzrost. Jeżeli jednak wzrost bakterii w tuszkach zostanie zahamowany, np. przez dodatek konserwantów, to wzrost drożdży i pleśni przebiega szybciej wobec braku konkurencyjnego wpływu mikroflory bakteryjnej.

Skóra tuszki jest silniej zanieczyszczona niż powierzchnia jamy ciała tuszki patroszonej. Zmiany wywołane przez mikroflorę pojawiają się w postaci ześluzowacenia, gdy powierzchnia skóry jest silnie zawilgocona, a w przypadku znacznego jej wysuszenia pokrywa się oddzielnymi koloniami bakterii psychrofilnych i psychrotroficznymi. Powierzchnia wnętrza tuszki jest zanieczyszczona głównie mikroflorą jelitową (pałeczki z grupy *coli*, paciorkowce kałowe), co jest wynikiem niehigienicznie przeprowadzonego procesu patroszenia. Rozwój tych bakterii, jako mezofilnych, zostaje zahamowany w chłodni. Mikroflora obecna na skórze tuszek jest bardzo trudna do usunięcia i przylega silnie do jej powierzchni, zwłaszcza gdy ptak jest zanieczyszczony przyżyciowo. Mikroflorę jelitową można łatwo usunąć za pomocą rutynowo stosowanych zabiegów mycia tuszek podczas obróbki. Mikroflora gnilna, która w większości przypadków wymaga środowiska o pH obojętnym (pH 7), rozwija się szybciej na mięsniu udowym (pH ok. 6,5) aniżeli na mięsniu piersiowym (pH 5,8).

Bakterie z rodzaju *Pseudomonas* (szczególnie *Pseudomonas putrefaciens*) i *Acinetobacter* stanowią mikroflorę najczęściej izolowaną z tuszek drobiowych. Początkowo dominującymi gatunkami są bakterie mezofile, jak mikrokokki, Gram-dodatnie pałeczki, ale w czasie przechowywania w temp. 10°C namnażają się *Acinetobacter*, *Pseudomonas* i bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*. W temperaturze 15°C *Acinetobacter* i bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* zyskują przewagę nad bakteriami *Pseudomonas*.

Zepsucie tuszek drobiowych przechowywanych w stanie schłodzonym powoduje mikroflora psychrofilna. Jej aktywność enzymatyczna nie jest jednakowa. Wykazano, że część mikroflory psychrofilnej wywołuje zmiany organoleptyczne. Mechanizm psucia się tuszek drobiowych nie jest dokładnie poznany. Zepsucie zapoczątkowuje mikroflora wykorzystująca związki drobnocząsteczkowe, która nie atakuje białek strukturalnych.

Proces zepsucia w postaci zmian organoleptycznych objawia się zapachem tuszek i zmianą wyglądu, gdy ogólna liczba bakterii tlenowych wzrasta o 3–4 wartości logarytmiczne w porównaniu z zanieczyszczeniem początkowym tuszki. Przeciętnie zanieczyszczenie to wyraża się liczbą  $1 \times 10^4$  jtk/cm<sup>2</sup> tuszki. Zmiany cech organoleptycznych zachodzą w czasie 1–8 dni przechowywania tuszek w warunkach chłodniczych. Pierwsze zmiany zapachu obserwuje się, gdy liczba bakterii wynosi od  $1,6 \times 10^5$  do  $1 \times 10^9$  bakterii/cm<sup>2</sup> [11]. Gdy liczba bakterii przekracza  $10^7$ /cm<sup>2</sup>, zaczynają się pojawiać widoczne oznaki zepsucia mięsa, nieprzyjemny zapach amoniaku i siarkowodoru, a po przekroczeniu  $10^8$  bakterii/cm<sup>2</sup> na powierzchni mięsa pojawia się śluz. Wzrastająca liczba bakterii produkuje produkty, których rezultatem jest pojawianie się zmienionego zapachu i ześluzowacenie powierzchni.

### 17.6.2. Zagrożenia chemiczne

Głównymi źródłami większości zanieczyszczeń chemicznych w produkcji drobiu są: pasza i jej poszczególne składniki, gleba, powietrze, woda i środowisko chowu. Do zagrożeń chemicznych należą substancje i związki chemiczne znajdujące się w żywności, które stanowią zagrożenie dla zdrowia człowieka. Zanieczyszczenia chemiczne występujące w żywności można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej należą powszechnie występujące w środowisku metale ciężkie, pozostałości pestycydów oraz inne związki organiczne, jak polichlorowane dwufenyle, dioksyne i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. W drugiej grupie znajdują się pozostałości substancji stosowanych w produkcji zwierzęcej: leków, dodatków do pasz, substancji używanych w przetwórstwie oraz powstających w wyniku niewłaściwego przechowywania surowców rolnych. Zanieczyszczeń chemicznych wymienionych w drugiej grupie można uniknąć, stosując zasady Dobrej Praktyki Produkcyjnej i Higienicznej. Wpływ na organizm zanieczyszczeń chemicznych może być natychmiastowy lub występować po bardzo długim okresie. Zagrożenia chemiczne pojawiają się na każdym etapie procesu produkcyjnego, rozpoczynając od pozyskiwania surowców [26].

#### Metale szkodliwe dla zdrowia

Źródłem metali szkodliwych mogą być pestycydy, barwniki, nawozy sztuczne lub sam proces technologiczny. Zatrucia pokarmowe najczęściej są spowodowane obecnością w żywności metali szkodliwych, takich jak: arsen, ołów, kadm, rtęć i nikiel. W polskich warunkach główne zagrożenie stanowią pozostałości kadmu i ołowiu. Ołów występuje w ilościach przekraczających dopuszczalne normy w glebie i ziarnach zbóż. Rtgę stanowi groźne skażenie środowiska. W kraju dopuszczalną zawartość metali szkodliwych dla zdrowia w produktach pochodzenia zwierzęcego określa Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 13 stycznia 2003 roku [41].

W przypadku zwierząt i człowieka szczególnie duża zawartość metali szkodliwych dla zdrowia (ołowiu, kadmu i arsenu) kumuluje się w wątrobie i nerkach.

Od 1 stycznia 1998 r. w krajach Unii Europejskiej obowiązują nowe zasady prowadzenia badań monitoringowych pozostałości chemicznych w tkankach zwierząt i żywności pochodzenia zwierzęcego zawarte w obowiązującej dyrektywie.

#### Pestycydy

Pestycydy – to środki służące do zwalczania wszelkiego rodzaju plag (łac. *pestis* – zaraza, *celere* – niszczyć). W zależności od przeznaczenia można podzielić je na wiele grup, np. herbicydy (chwasobójcze), fungicydy (grzybobójcze), insektycydy (owadobójcze), rodentycydy (do zwalczania gryzoni). Ich głównym źródłem są warzywa, zboża i owoce.

Insektycydy są to środki owadobójcze, syntetyczne, np. dwuchlorodwufenylo-trójchloroocetan, czyli DDT. Jest to związek najgroźniejszy, obecnie niestosowany ze względu na duże jego rozprzestrzenianie w całym ekosystemie przez zasoby wodne. DDT i jego produkt metaboliczny DDE są wszechobecne w środowisku (ekosystemie) światowym. Insektycydy powodują ciężkie zatrucia u ludzi, przy czym człowiek styka się z nimi przeważnie nie w bezpośrednim kontakcie, lecz przez żywność, w której stwierdza się ich obecność, a kumulują się nawet wówczas, gdy zawartość nie przekracza granic

tolerancji. Pozostałości DDT, dieldrinu, lindanu zarejestrowano w latach 1964–1966 we wszystkich próbach środków spożywczych z wyjątkiem napojów pomimo zakazu stosowania wielu pestycydów chloroorganicznych. Do dzisiaj stwierdza się ich obecność również w żywności pochodzenia zwierzęcego (przykładem jest DDT). Stosowane obecnie pestycydy fosforoorganiczne charakteryzują się tym, że podlegają szybkiej biodegradacji pod wpływem mikroflory glebowej i wodnej. Pestycydy kumulują się w lipidach organizmów ludzi i zwierząt, dlatego zanieczyszczone ich pozostałościami są: mięso dużych zwierząt rzeźnych i mięso drobiowe.

Kraje Unii Europejskiej zobowiązane są do prowadzenia badań monitoringowych pozostałości pestycydów w żywności. Określa się tzw. maksymalną granicę pozostałości pestycydów (MGP). Rozbieżności krajowych unormowań prawnych z dyrektywami Unii Europejskiej w przypadku żywności pochodzenia zwierzęcego dotyczą systemu jej podziału i kodowania produktów tej grupy, który jest szczegółowy w ramach Unii [53].

## Dioksyny

Dioksyny to grupa różnych związków chemicznych powstających jako produkty uboczne w procesach przemysłowych, jak również występujące w warunkach naturalnych. Mogą stanowić odpady w niektórych przemysłowych procesach chemicznych lub powstawać jako produkty spalania, głównie odpadów biologicznych. Substancje te bardzo dobrze rozpuszczają się w tłuszczach, dlatego też kumulują się w tkankach tłuszczowych ludzi i zwierząt. Znajdują się w większości produktów spożywczych, w tym również w mięsie drobiowym. Badania wykazały, że najbardziej toksyczna jest dioksyna zawierająca w cząsteczce atom chloru w pozycji 2,3,7,8. Jednakże ten związek jest jednym z wielu pokrewnych polichlorodibenzo-p-dioksyn (PCDD) i polichlorodibenzo-furanów (PCDF). W 1999 r. rząd belgijski wprowadził zakaz uboju drobiu i trzody, ponieważ stwierdzono, że zwierzęta były żywione paszami skażonymi dioksynami. Zanieczyszczenie dioksynami gleby, wody i powietrza powoduje wzrost tych komponentów w produktach drobiowych.

## Radionuklidy

Radionuklidy to pierwiastki radioaktywne występujące w środowisku naturalnym. Oprócz pierwiastków promieniotwórczych naturalnych w środowisku znajdują się również radionuklidy pochodzenia sztucznego, z których niektóre cechują się długim wieloletnim okresem połowicznego zaniku (cez-137, stront-90). Radioaktywny stront 90 Sr powstający z rozpadu atomowego w reaktorach jądrowych wykazuje silne powinowactwo do tkanki kostnej. Wnikając do organizmu przez przewód pokarmowy lub drogi oddechowe, odkłada się w zrębie kostnym podobnie jak wapń. Jako substancja radioaktywna może wpływać destrukcyjnie na tkankę krwiotwórczą w szpiku, jak również inne elementy organizmu, wywołując zmiany nowotworowe. Jeżeli przyjmie się dla ludzi jako 100% dawkę promieniowania, to z żywności pochodzi 56% tej dawki, zaś pozostałe 39% pochodzi ze środowiska otaczającego, a 5% wchłaniane jest drogą oddechową.

## Polichlorowane bifenyle

Są to związki chemiczne sklasyfikowane przez Konwencję Sztokholmską do grupy szczególnie trwałych w środowisku (persistent organic pollutants). Należą do zanieczyszczeń

powstających powszechnie w przemyśle. Przedostają się do środowiska poprzez ścieki oraz powietrze. Kumulują się w organizmach stanowiących kolejne ogniwa łańcucha pokarmowego. PCB są silnie toksyczne i powodują u ludzi zaburzenia funkcjonowania przewodu pokarmowego i dróg oddechowych, schorzenia skóry, zapalenie wątroby oraz zaburzenia w rozwoju płodu. Występują w tłuszczu zwierząt rzeźnych, w tym często w tłuszczu drobiowym. Polichlorowane bifenyle tworzy mieszanina kongenerów. Ze względu na właściwości lipofilne odkładają się w tkance tłuszczowej. Badania pozostałości tych związków są elementem każdego programu monitorującego skażenia żywności i pasz. W wielu krajach Unii Europejskiej ustalono najwyższe dopuszczalne pozostałości tych związków i podobne uregulowania wprowadzono w Polsce. Limity obowiązujące w poszczególnych krajach dla żywności pochodzenia zwierzęcego wynoszą od 0,2 do 3 mg/kg tłuszczu. Badanie zawartości wybranych kongenerów PCB wykorzystuje się jako wstępny wskaźnik oceny skażeń dioksynami żywności a przy wykryciu przekroczeń wymaganych wartości konieczne są badania w kierunku dioksyn. Zawartość PCB nie powinna przekraczać 0,2 mg/kg w mięsie i jego przetworach oraz w paszach i dodatkach do pasz pochodzenia zwierzęcego. W Polsce badania monitoringowe pozostałości chemicznych w tkankach zwierząt i żywności pochodzenia zwierzęcego prowadzone są w Państwowym Instytucie Weterynaryjnym w Puławach od 1969 r. [36]. W większości spośród badanych prób tkanek i produktów zwierzęcych stwierdzono pozostałości PCB. W latach 1995–1999 najwyższe stężenia PCB stwierdzono w tłuszczu koni (ok. 0,08 mg/kg tłuszczu), niższe w tkankach ryb, kur i bydła, a najniższe w tłuszczu kurcząt rzeźnych (ok. 0,01 mg/kg tłuszczu) i świń. Wykrywane stężenia PCB są wielokrotnie niższe w porównaniu z dopuszczalnymi limitami obowiązującymi w innych krajach. Zgodnie z ustawą [50] ustalono 31 grudnia 2010 r. jako termin zakończenia usuwania i unieszkodliwiania PCB w Polsce [25].

W Polsce Główny Lekarz Weterynarii wprowadził obowiązek badania PCB przy imporcie żywności pochodzenia zwierzęcego do kraju [53].

## **Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne**

Węglowodory aromatyczne to węglowodory zawierające w cząsteczce sześciocząłkowy pierścień aromatyczny (lub układ skondensowanych pierścieni aromatycznych), do którego mogą być przyłączone podstawniki alkilowe lub aryłowe. Związki te charakteryzują się silną toksycznością i mogą oddziaływać na zdrowie człowieka w bardzo niskich stężeniach, powodując nieprawidłowości funkcjonowania tarczycy, powstawanie nowotworów oraz zaburzenia rozwoju u dzieci. Węglowodory aromatyczne jak benzopiren stanowią balast o istotnych cechach zagrożenia zdrowotnego w wędzonych produktach drobiowych.

## **Mikotoksyny**

Wśród zagrożeń mikrobiologicznych surowców zwierzęcych, w tym również drobiu, należy wymienić pleśnie, ze względu na możliwość wytwarzania mikotoksyn powodujących schorzenia ludzi i zwierząt. Stwierdzono, że ok. 20% żywności zanieczyszczona jest przynajmniej jedną mikotoksyną. W przypadku drobiu źródłem zagrożenia mogą być metabolity o charakterze egzotoksyn – mikotoksyny, które znajdują się w tkankach i narządach, a zwłaszcza w nerkach i wątrobach na skutek karmienia ptaków spleśniałą paszą [32].

Mikotoksyny to substancje toksyczne o złożonej budowie, metabolity wtórne produkowane przez liczne gatunki pleśni, odporne na wysoką temperaturę. Substancje te rzadko



powodują ostre zatrucia pokarmowe, jednakże odkładając się w organizmie, są przyczyną tzw. zatruc przewlekłych. Część z nich wykazuje działanie mutagenne i kancerogenne, inne zakłócają funkcjonowanie takich układów, jak pokarmowy czy nerwowy. Skażenie mikotoksynami pojawia się w ziarnach zbóż oraz w innym materiale roślinnym przed zbiorami. Mikotoksyny mogą powstawać również w czasie składowania w warunkach odpowiedniej wilgotności sprzyjającej wzrostowi pewnych pleśni. W przypadku obecności mikotoksyn w paszy zdarza się zwiększona śmiertelność w stadzie drobiu lub kumulacja mikotoksyn w tkankach i narządach. Ze względu na szczególnie silną toksyczność i rakotwórcze działanie aflatoksyn określenie limitującej zawartości mikotoksyn ogranicza się w wielu krajach do aflatoksyn. W krajowych warunkach ochratoksyny i trichoteceny w znacznym stopniu zanieczyszczają zboża krajowe, stanowiąc poważne zagrożenie zdrowotne ludzi i zwierząt. Krajowe ustalenia dotyczące limitu obecności aflatoksyn są zgodne z Rozporządzeniami Unii Europejskiej dotyczącymi limitu obecności aflatoksyn [53]. Obowiązująca ustawa o środkach żywienia zwierząt [49] podaje dopuszczalne limity substancji niepożądanych w mieszankach paszowych.

Aflatoksyny stanowią najczęściej występujące zanieczyszczenia w paszy dla zwierząt, w tym również drobiu. Toksyny te mają niekorzystny wpływ na rozwój indyków, kaczek, gęsi jak i dużych zwierząt. W 1960 r. w Anglii padło ponad milion indyków na skutek podania paszy z orzeszków ziemnych, pochodzącej z Afryki i Ameryki Południowej, zawierającej *Aspergillus flavus* i aflatoksynę.

Trichoteceny to toksyny wytwarzane przez grzyb *Fusarium* występujący często na kukurydzy oraz na nieodpowiednio przechowywanym ryżu lub pszenicy. Pasze zawierające trichoteceny są uważane obecnie na obszarze europejskim za najczęstszą przyczynę zatruc pokarmowych zwierząt, co związane jest z korzystnym wpływem klimatu umiarkowanego na wzrost gatunków *Fusarium*. W warunkach europejskich, jak i w Polsce, występuje ochratoksyna rozwijająca się na wilgotnym zbożu (jęczmieniu, pszenicy, kukurydzy), ale również w orzeszkach ziemnych, warzywach i pieprzu. Ochratoksyna powoduje hipertrofię wątroby, nerek i żołądka [32]. Stwierdzono, że maksymalny poziom tej mikotoksyny w diecie kurcząt brojlerów nie powinien przekraczać 0,5 mg/kg.

## Antybiotyki

W produkcji drobiarskiej stosuje się antybiotyki mające działanie bakteriostatyczne i stymulujące przyrost masy ciała [28]. Obserwuje się wzrost odporności niektórych szczepów bakteryjnych na antybiotyki, co staje się problemem w leczeniu ludzi. Poszukuje się związków i substancji, które mogłyby zastąpić antybiotyki paszowe i pełnić funkcje czynników stymulujących wzrost i rozwój ptaków. W ostatnich latach w żywieniu zwierząt coraz większą rolę odgrywają preparaty zawierające oligosacharyd mannozy, preparaty probiotyczne zawierające kultury kwasu mlekowego i drożdży (głównie *Lactobacillus* spp. i *Streptococcus* spp.) oraz preparaty zakwaszające pasze i przewód pokarmowy zwierząt. Zastosowanie oligosacharydu mannozy ogranicza rozwój patogenów w przewodzie pokarmowym zwierząt. Podobnie podawanie preparatów probiotycznych chroni jelito przed zasiedlaniem przez bakterie patogenne [5].

Antybiotyki stwierdza się często w żywności pochodzącej od ptaków, leczonych bez zachowania okresu karencji po zastosowanej terapii. W Polsce nie dopuszcza się stosowania antybiotyków do przedłużania przydatności spożywczej żywności (wyjątek stanowi nizyna dodawana do serów), możliwy jest jednak ich dodatek do pasz.

## Leki

Pozostałości leków w żywności pochodzenia zwierzęcego zarówno w postaci macierzystych substancji czynnych, jak również ich metabolitów mogą mieć szkodliwe działanie dla ludzi.

Ochronę konsumentów przed obecnością na rynku produktów żywnościowych zawierających niebezpieczne stężenia leków weterynaryjnych stanowi Rozporządzenie Komisji (EWG) [42] ustalające najwyższy dopuszczalny pozostałości leków w żywności pochodzenia zwierzęcego. W rozporządzeniu leki podzielono na cztery kategorie umieszczone w oddzielnych aneksach (I, II, III, IV) w zależności od sposobu uwzględniania i wyznaczania maksymalnej dopuszczalnej pozostałości.

W Polsce wykaz najwyższych dopuszczalnych pozostałości zanieczyszczeń produktów leczniczych weterynaryjnych u zwierząt, w tkankach lub narządach zwierząt po uboju i w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego, określa obowiązujące rozporządzenie [40]. Kontrola pozostałości tych związków w produktach powinna polegać na upewnieniu się, czy substancje były używane zgodnie z zaleceniami i zostały wycofane w odpowiednim czasie.

## Środki myjące i dezynfekujące

Stosowane zabiegi mycia i dezynfekcji mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka wynikające z pozostałości środków myjących i dezynfekcyjnych w produktach spożywczych. Jako środki myjące stosuje się detergenty pianące i emulgujące. Do środków pianących należy sulfonian alkilobenzenu (ABS), niepodlegający biodegradacji i znajdujący się w oczyszczonych ściekach i wodzie. Jako środki emulgujące stosuje się związek z grupy alkilulfonianów liniowych (LAS) podatny na biodegradację przez bakterie glebowe. Jest on jednak uciążliwy dla środowiska, gdyż w procesie biodegradacji powstaje duża ilość fosforanów, co powoduje że ich stężenie w ściekach wzrasta. Detergenty fosforanowe oddziałują słabo na organizm człowieka i innych kręgowców.

Dotychczas jako preparaty dezynfekcyjne stosowano przede wszystkim związki na bazie chloru. Obecnie na rynku pojawiła się znaczna liczba preparatów, których substancją czynną jest nadtlenek wodoru, kwas nadoctowy, a przede wszystkim czwartorzędowe związki amoniowe (QAC). Do dezynfekcji powierzchni, które mają kontakt z żywnością, stosowane są preparaty, zawierające różne substancje czynne: (związki chloru uwalniające aktywny chlor, związki nadtlenowe: kwas nadoctowy i nadtlenek wodoru, czwartorzędowe związki amoniowe, pochodne biguanidyny i związki amfoteryczne, alkohole, kwasy nieorganiczne i organiczne).

## Azotany i azotyny

Azotany i azotyny to związki chemiczne, które z technologicznego punktu widzenia zapewniają pożądane cechy wielu produktów z mięsa. Ponadto wykazują bakteriostatyczne właściwości w stosunku do bakterii *Staphylococcus ureus*, jak również hamują wzrost *Clostridium botulinum* i wytwarzanie toksyn. Badania pozostałości azotanów i azotynów w produktach z mięsa drobiowego przeprowadzono w Państwowym Instytucie Weterynaryjnym w Puławach w latach 1994–1995. Stwierdzono, że limit dopuszczalnych pozostałości (125 mg/kg – jako suma azotanów i azotynów) został przekroczony w 5,8% badanych prób. Zawartość azotynów wahała się od 24,2 do 81,8 mg/kg w zależności od badanego

asortymentu. Najwyższą ilość azotynów stwierdzono w kiełbasie śląskiej i w szynce drobiowej. Średnia zawartość azotynów w badanych produktach była niższa aniżeli w produktach badanych w latach 1980–1990 [34].

### 17.6.3. Zanieczyszczenia fizyczne

Potencjalne zagrożenia fizyczne żywności stanowią ciała obce. Mogą one pochodzić z surowców (pestki, ości, kości), zanieczyszczeń surowców oraz dostać się do produktu w procesie przetwórczym (odpryski metalu). Są to czasami ciała obce znajdujące się w produkcji na skutek niewłaściwego postępowania pracowników (biżuteria, włosy, niewłaściwa odzież ochronna). Mogą wynikać również z niewłaściwego zaprojektowania lub utrzymywania maszyn i urządzeń. Niekiedy zostają do żywności wprowadzone świadomie, również przez samych konsumentów. Część zanieczyszczeń fizycznych stanowi poważne zagrożenie zdrowia konsumentów. Do grupy zanieczyszczeń fizycznych zalicza się: papier, szkło, drewno, kamienie, piasek, kości, ości, pestki, metale, plastik, inne ciała obce (włosy, ozdoby, guziki, niedopałki papierosów).

Część ciał obcych można łatwo wyeliminować, stosując różne metody oddzielania, jak: przesiewanie, sortowanie, zastosowanie magnesów i detektorów metali. Szczególnie niebezpieczne jest szkło, niemożliwe do wykrycia w produkcji, dlatego też należy wyeliminować, względnie dokładnie nadzorować wszystkie potencjalne źródła tego zanieczyszczenia. Szkło pochodzi najczęściej z opakowań bądź są to rozbite pipety, szkło laboratoryjne, szkło okienne, jak też szkło pochodzące ze sprzętu oświetleniowego.

Część zagrożeń fizycznych można wyeliminować, stosując zasady GMP.

## 17.7. GMP/GHP w rzeźni i przetwórni mięsa drobiowego

Obowiązujące wymagania weterynaryjne stanowią istotne elementy Dobrej Praktyki Produkcyjnej i Dobrej Praktyki Higienicznej, które winny być wdrażane przez zakłady uboju drobiu i przetwórstwa w celu kreowania właściwych warunków do produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego, bezpiecznej dla zdrowia konsumenta. Wymagania sanitarno-techniczne (warunki weterynaryjne) są ważnym elementem w produkcji żywności i mają istotny wpływ na jej jakość zdrowotną. Stanowią fundament, na którym buduje się technologię, organizację pracy i jakość wyrobu. Niestosowanie tych wymagań – choćby inne elementy produkcji były poprawne – wpływa negatywnie na jakość wyrobu. W zakres wymagań sanitarno-technicznych wchodzi:

- Wymagania ogólne, dotyczące usytuowania zakładu. Chodzi tu o właściwe wkomponowanie terenu zakładu w otoczenie, uwzględnienie strefy ochronno-sanitarnej i izolacji od otoczenia, uciążliwości dla otoczenia, warunków geologicznych (stosunków wodnych), ochrony środowiska, kierunków najczęściej wiejących wiatrów (to ostatnie dotyczy również rozmieszczenia poszczególnych obiektów produkcyjnych na terenie zakładu).
- Właściwe zagospodarowanie otwartego terenu zakładu – utwardzenie nawierzchni dróg i powierzchni manipulacyjnych, utworzenie sieci wodociągowej i kanalizacyjnej terenu oraz budowa barier sanitarnych.

- Wymagania ogólne dotyczące wnętrza pomieszczeń produkcyjnych to ich właściwa klimatyzacja, hermetyzacja, skanalizowanie i zwodociągowanie (zapewnienie odpowiedniej ilości ujęć ścieków i punktów czerpalnych wody pitnej o odpowiedniej jakości), trwałość i gładkość powierzchni (posadzek, ścian, sufitów), ułatwiająca mycie i dezynfekcję, rozmieszczenie odpowiedniej ilości sterylizatorów do narzędzi i drobnego sprzętu, umywalk i pomieszczeń socjalnych.
- Wszystkie urządzenia, maszyny i sprzęty produkcyjne powinny być łatwe do czyszczenia, mycia oraz dezynfekcji – a zatem i do rozmontowania. Winny być wykonane z materiałów dopuszczonych do produkcji żywności przez władze sanitarne. Preferuje się stal nierdzewną i tworzywa sztuczne. Nie wolno stosować drewna.
- Pracownicy produkcyjni powinni być zdrowi, to jest spełniać wymagania szczegółowych przepisów sanitarnych określających te sprawy.
- Wymagania techniczne i weterynaryjne przy uboju drobiu i przetwórstwie mięsa drobiowego określają urzędowe przepisy obowiązujące w poszczególnych krajach.

Ustalając wymagania sanitarno-techniczne dotyczące rzeźni i przetworni w zakładach drobiarskich, należy respektować zasadę, by poszczególne działy były od siebie maksymalnie izolowane, oraz by pracownicy poszczególnych działów nie kontaktowali się ze sobą. Poszczególne działy winny łączyć się ze sobą urządzeniami mechanicznymi do przenoszenia lub podawania surowca poprzez otwory (okna) w ścianach oddzielających je. Tak rozumiane działy wraz z pracownikami, sprzętem i urządzeniami to:

- Dział dostaw żywca z myjnią samochodów transportowych, myciem i dezynfekcją klatek.
- Dział uboju – od zawieszania żywych ptaków do ich przewieszania na linię patroszenia.
- Dział patroszenia, kończący się myciem tuszek po patroszeniu, przed przekazaniem ich do schładzania i ociekania.
- Dział schładzania i ociekania.
- Dział pakowania tuszek po ociekaniu, ich przechowywaniu i ekspedycji.
- Dział zamrażania i przechowywania tuszek mrożonych z ekspedycją.
- Dział dzielenia tuszek na elementy i ich pakowania, kontaktujący się z dwoma działami poprzednimi.
- Dział wstępnego przygotowania surowca do przetwórstwa (segregacja, odkostnianie, produkcja mięsa odkostnionego mechanicznie).
- Dział przygotowania warzyw.
- Dział peklowania surowca mięsnego.
- Dział produkcji chłodzonych lub mrożonych przetworów.
- Dział produkcji wędlin i wędlin podrobowych.
- Dział przetwórstwa niejadalnych ubocznych artykułów poubojowych.

Wszystkie te działy winny mieć wydzielone pomieszczenia do mycia i dezynfekcji narzędzi produkcyjnych, pojemników itp. oraz oddzielne pomieszczenia socjalne i sanitarne dla pracującego w nich personelu. Proponowane rozwiązania w sposób maksymalny zabezpieczyłyby przed powstaniem zakażeń i zanieczyszczeń krzyżowych, wtórnych.

Przy planowaniu operacji manipulowania żywnością powinny być brane pod uwagę podstawowe z punktu widzenia higieny zasady:

- drogi przepływu produkcji proste, bez zawracania i krzyżowania – jeden kierunek ruchu;
- redukcja zbędnego przemieszczania się personelu pomiędzy centrami pracy, szczególnie pomiędzy brudną i czystą strefą;
- redukcja możliwości zakażenia wtórnego (krzyżowego);
- rozdzielenie stref funkcjonalnych (brudne i czyste).

Procedury GMP opracowane dla uboju drobiu i dzielenia tuszek na elementy winny uwzględniać współczesną wiedzę o możliwościach dodatkowych zagrożeń zdrowotnych, tj. wzrostu zanieczyszczenia bakteriami patogennymi i mikroflorą tlenową na poszczególnych, niewralgicznych etapach procesu. Problemy dotyczące stanu higienicznego tuszek są wynikiem wtórnych zanieczyszczeń bakteryjnych, gdy nie jest stosowana prawidłowa – aktualizowana wraz z napływem nowej wiedzy naukowej opartej na eksperymencie – Dobra Praktyka Produkcyjna uwzględniająca potencjalne źródła zagrożeń zdrowotnych. Nowoczesne badania w tym zakresie wykonał Fehlhaber, a podane poniżej dane pochodzą z jego opracowania [15]. Podczas uboju drobiu i dalszej obróbki istnieją korzystne warunki do wzrostu zanieczyszczenia mikrobiologicznego.

**Oszołamianie ptaków.** Niedostateczny efekt oszołamiania może powodować niekompletne lub opóźnione wykrwawianie. Do wody oparzelnika dostać się może większa ilość krwi. Im więcej białka w wodzie warzelnej, tym lepiej chronione są bakterie przed efektem stresu cieplnego. Ptaki niedostatecznie oszołomione wykonują silne ruchy refleksyjne i zasysają do płuc i worków powietrznych zanieczyszczoną wodę, i bakterie tam mogą się namnażać. W czasie dalszych etapów uboju worków powietrznych całkowicie nie daje się usunąć.

**Oparzenie.** Nawet w najnowocześniejszych rzeźniach z punktu widzenia zanieczyszczeń drobiu bakteriami proces oparzenia poprzez zanurzenie oszołomionych i wykrwawionych ptaków w tej samej wodzie nie spełnia postulatów właściwej higieny. Skóra ulega w oparzelniku napęcznieniu i chroni bakterie usadowione na skórze przed termicznym efektem letalnym. Drobnoustroje nie są niszczone w zakresie temp. 50–60°C. Liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* na powierzchni skóry obniża się tylko o jeden rząd logarytmiczny (dziesięciokrotnie). Zakażenie wody parzelnej z kolei wzrasta do  $10^4$ – $10^5$  bakterii/ml, a przy niższych temperaturach nawet do  $10^7$ . Oparzenie jest więc miejscem krzyżowych zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Dlatego w przyszłościowych rozwiązaniach tego etapu uboju oraz etapu odpierniania mają być zastosowane techniki bezdotykowe (np. strumień pary czy też ultradźwięki o dobranej częstotliwości).

**Skubanie.** Proces ten powoduje zanieczyszczenie skóry mikroflorą, gdyż gumowe palce skubarek szybko i znacznie zostają zabrudzone. W napęczniałą skórę kolejnych tuszek bakterie zostają wmasowane.

**Patroszenie.** Jest to kolejny etap, który przy braku opracowania właściwych procedur GMP tego procesu realizowanego ręcznie, mechanicznie lub automatycznie może stać się poważnym źródłem zanieczyszczeń tuszek patogenami z uszkodzonego przewodu pokarmowego. Prawidłowo zastosowany etap mycia pod natryskiem zarówno wewnętrznej, jak i zewnętrznej powierzchni tuszek po patroszeniu powinien obniżyć liczbę drobnoustrojów co najmniej o połowę, a nawet o jeden cykl logarytmiczny.

**Chłodzenie.** Chłodzenie immersyjne, biorąc pod uwagę higienę tuszek, jest procesem niewłaściwym, ponieważ stanowi miejsce zanieczyszczeń krzyżowych. Woda schładzalnika, niezależnie od obligatoryjnie nakazanego przepływu, wymiany, zawiera średnio od  $10^4$  do  $10^5$  bakterii na 1 ml. W miejsca nacięć pod skórę wprowadzona zostaje silnie zakażona woda w czasie ruchu i przesuwania tuszek w schładzalniku, tak że dochodzi do zakażenia głębszych warstw mięśni. W mięśniach piersiowych stwierdzono ok.  $10^{2-4}$  a w udowych  $10^{4,94}$  drobnoustrojów na 1 gram. UE dopuszcza ten system schładzania drobiu tylko dla głęboko zamrożonego. Nie dopuszcza się zasadniczo stosowania substancji antybakteryjnych do wody w schładzalnikach.

Metoda schładzania przemiennej, w której stosuje się ciągłe schładzanie powietrzem i periodyczne natryskiem wody, uważana była za higienicznie korzystniejszą. Badania Fehlhabera [15] udowodniły jednak, że natrysk powoduje silne nawilżenie pomieszczenia, a powietrze nabiera cech aerozolu. Pałeczki *Salmonella* stwierdzono w 17,3% próbek aerozolu i 30,8% próbek wody ściekającej z sufitu. Aerozol był zanieczyszczony mikrobiologicznie bakteriami *Listeria* w 8,1% próbek. Tuszki schładzane systemem wodno-powietrznym były zanieczyszczone w takim samym stopniu, jak schładzane w wodzie i ilość jednostek tworzących kolonie wynosiła od  $10^{4,51}$  do  $10^{5,52}$  /g skóry. Jedynie przy schładzaniu owiewowym, czystym powietrzem nie wzrasta stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego tuszek, a nawet może w niewielkim stopniu się zmniejszać. Również tylko w nielicznych przypadkach dochodzi do zanieczyszczenia mikroflorą mięśni.

**Dzielenie tuszek na elementy.** Ten etap poubojowej obróbki drobiu niesie ze sobą wzrost poziomu bakterii na powierzchniach cięć elementów tuszek do ok.  $10^5$ – $10^6$  /g a w głębszych warstwach mięśni zanieczyszczenie dochodzi do  $10^3$ – $10^5$ /g. Lepszy stan higieniczny uzyskuje się, gdy rozbiór tuszek nie ma miejsca na linii produkcyjnej przy stołach lub na taśmie, ale na tzw. teflonowych stożkach.

To wszystko wskazuje, że analiza ryzyka zagrożeń mikrobiologicznych ma istotne znaczenie w prawidłowym ustaleniu planu HACCP i to, że pomoc konsultantów nie znających problematyki branży drobiarskiej i zasad GMP w łańcuchu drobiarskim może owocować poważnymi nieprawidłowościami.

## 17.8. HACCP w produkcji drobiu i przemyśle drobiarskim

Utrzymanie standardu bezpieczeństwa zdrowotnego produktów drobiarskich staje się bardziej skomplikowane. Jest to rezultatem: zanieczyszczenia, skażenia środowiska, paszy, niestosowania zasad Dobrej Praktyki Produkcyjnej, Higienicznej oraz Weterynaryjnej w poszczególnych ogniwach łańcucha produkcji żywności, poczynając od fermy zarodkowej i rodzicielskiej poprzez zakład wylęgowy, transport piskląt na fermę towarową, transport drobiu do rzeźni, ubój, przetwórstwo, dystrybucję aż po sposób postępowania konsumenta z gotowym wyrobem. Cały ten łańcuch potrzebuje zintegrowanych, kompleksowych działań zwiększających szansę zdrowotnie bezpiecznej produkcji mięsa drobiu i przetworów. Nie tylko procesy produkcyjne wymagają nadzoru bezpieczeństwa poprzez wdrożenie systemu HACCP. Zasady i działania podejmowane w ramach GMP/GHP oczekują stosowania „narzędzia HACCP-owskiego”. Znaczy to, że praktyki te wymagają oceny, kontroli, właściwego monitorowania uzyskiwanych rezultatów, a ewentualne błędy i niedociągnięcia – odpowiednich działań naprawczych.

Główne zagrożenia zdrowia publicznego związane z produkcją żywności pochodzenia zwierzęcego, a w szczególności drobiu, to:

- możliwość jej zanieczyszczenia drobnoustrojami chorobotwórczymi dla człowieka lub ich toksynami;
- możliwość pozostałości związków chemicznych typu antybiotyki, kokcydiostatyki, jak również stymulatory wzrostu stosowane w produkcji żywca.

Stan mikrobiologiczny mięsa drobiowego, jakie trafia do konsumenta, zależy od poziomu higieny na wszystkich etapach jego produkcji. Spośród zagrożeń mikrobiologicznych mikroflorą chorobotwórczą główny nacisk kładzie się na pałeczki z rodzaju *Salmonella* i *Campylobacter*. W warunkach produkcji przemysłowej niemożliwe jest wyeliminowanie tych bakterii u drobiu żywego i mięso drobiowe zawsze będzie stanowiło potencjalne zagrożenie. Coraz częściej bada się możliwości przyżyciowego likwidowania zakażeń wywoływanych przez *Salmonella* spp., gdyż w warunkach rzeźni możliwości takie nie istnieją, a wręcz przeciwnie, dochodzi do rozsiania bakterii na tuszki ptaków zdrowych. Wynika to również ze stopnia realizacji Dobrej Praktyki Produkcyjnej, procesów obróbki drobiu w rzeźniach i ewentualnych nieprawidłowości, których skutki rzutują na stan higieny tuszek i są trudne do zidentyfikowania oraz zlokalizowania.

W procesie obróbki za najpoważniejsze źródło zagrożeń bakteryjnych zanieczyszczenia tuszek mikroflorą uważa się błędy w patroszeniu polegające na uszkodzeniu jelit i wydostaniu się ich treści. Stwierdzono również, że treść wola ptaków zawiera pałeczki *Salmonella enteritidis* fag 4, zatem uszkodzenie wola przy jego usuwaniu stanowi potencjalne niebezpieczeństwo. Służby sanitarne innych krajów, w tym USA, zwracają uwagę na istotne zagrożenie enterokrowotoczną pałeczką okrężnicy *E. coli* 0157:H7.

W kraju wdrożony jest system ujednoczonego postępowania służb weterynaryjnych w odniesieniu do chorób zakaźnych podlegających obowiązkowemu zwalczaniu. O zasięgu obowiązkowych działań w obszarze pozyskiwania surowca świadczą wydane w 1999 r. instrukcje Głównego Lekarza Weterynarii w sprawie zwalczania salmonelloz w stadach: reprodukcyjnych drobiu, drobiu rzeźnego oraz stadach towarowych [31]. Brak środków finansowych utrudnia konsekwentną realizację tego programu.

Kontrola bezpieczeństwa zdrowotnego konsumenta w obszarze hodowli i chowu oparta jest głównie na zasadach GMP. Źródłem zakażenia patogenami stada drobiu w kurniku mogą być: pisklęta, pasza, gryzonie, dzikie ptactwo, insekty, sprzęt, odzież i personel fermy.

Zapobiegawczymi sposobami interwencji są:

- szczepienia,
- metoda eliminacji przez wprowadzanie mikroflory konkurencyjnej (competitive exclusion),
- dodatek kwasu mlekowego do paszy.

W wylęgarni ryzyko zakażenia jest wysokie, a odporność piskląt niewielka. Na skutek zastosowania dyrektywy 92/117/EEC praktycznie wyeliminowano obecność *Salmonella* w stadach hodowlanych (rodzicielskich) i w wylęgarniach [14]. Wylęzione pisklęta po przetransportowaniu na fermę w systemie HACCP winny być traktowane jak zagrożenie objęte CCP [31]. Również transport piskląt może być traktowany jak etap krytycznego zagrożenia podlegającego kontroli w CCP.

Z kolei punktem krytycznym na fermie kurcząt brojlerów (lub niosek) jest mycie i dezynfekcja kurnika po usunięciu stada. Efekty tych zabiegów powinny podlegać systematycznemu monitorowaniu bakteriologicznemu.

Ptaki dostarczane do rzeźni są najczęściej silnie zakażone na piórach, skórze oraz w przewodzie pokarmowym. W wyniku prawidłowo stosowanej, nowoczesnej Dobrej Praktyki Produkcyjnej i Higienicznej w zakresie obróbki ubojowej następuje redukcja stanu wyjściowego o setki razy. Jednakże w produkcji rzeźnej brakuje etapu, a jednocześnie CCP, który umożliwiłby kompletne wyeliminowanie ryzyka występowania bakterii z rodzaju *Salmonella* czy *Campylobacter* [33].

W tabeli 17.2 przedstawiono przykładowo potencjalne zagrożenia wnoszone przez surowiec oraz środki i działania zapobiegawcze, w tabeli 17.3 – na etapie uboju drobiu oraz w tabeli 17.4 – w przetwórni mięsa drobiowego.

Często w warunkach krajowych zagrożenia te traktowane są jako istotne i znajdują się pod kontrolą poprzez wyznaczenie na tych etapach CCP.

W kolejnych tabelach przedstawiono przykładowe plany HACCP dla rzeźni kurcząt (tab. 17.5) oraz produkcji peklowanej i gotowanej szynki z indyczego mięsa (tab. 17.6), które obejmują krótkie opisy etapów procesu wyznaczonych jako CCP, limity krytyczne dla CCP, procedury monitorowania, czynności korekcyjne, zapisy oraz procedury weryfikacyjne.

Źródłem modelu planu HACCP w rzeźni kurcząt jest opracowanie grupy roboczej ds. mięsa i drobiu Narodowego Komitetu Doradczego Kryteriów Mikrobiologicznych w Żywności (NACMCF) w USA [35]. Natomiast model planu HACCP opracowany do gotowanej, peklowanej, szynki indyczej jest oparty w części na opracowaniu Kanadyjskiej Inspekcji Żywności (CFIA) z roku 1998 [ 8].

Tabela 17.2

Zagrożenia wnoszone przez surowiec (żywy drób) do rzeźni drobiu i do gotowego do obróbki ciepłej produktu oraz działania zapobiegawcze

Zagrożenia	Działania prewencyjne
<p><b>Mikrobiologiczne zagrożenia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nieprzetrawialną mikroflora chorobotwórcza z rodzaju <i>Salmonella</i>, <i>E. Coli</i>, <i>Campylobacter</i>, <i>Yersinia enterocolitica</i>, <i>Listeria monocytogenes</i></li> <li>– przetrwalnikująca mikroflora z rodzaju <i>Clostridium</i>, a szczególnie <i>C. Perfringens</i></li> </ul>	<p>GMP/GHP na fermie stad zarodowych, towarowych, wylęgarni, mieszalni pasz, transportu żywca – odpowiedzialne działania producenta żywca stwarzającego kontrolowane warunki zapobiegające i ograniczające rozwój mikroflory chorobotwórczej dla człowieka</p>
<p><b>Chemiczne zagrożenia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– antybiotyki</li> <li>– substancje antybakteryjne</li> <li>– pestycydy</li> </ul>	<p>Stosowanie GMP wychowu drobiu przez hodowcę oraz dobrej praktyki weterynaryjnej</p>



Tabela 17.3  
Przykłady zagrożeń i propozycje CCP oraz działań zapobiegawczych w procesie przyjęcia żywca, procesu uboju i obróbki poubojowej kurcząt

Etap procesu	CCP	Charakterystyka zagrożenia	Działania prewencyjne
Przyjęcie żywca	CCP – 1	Nieprawidłowe przeprowadzenie głodzenia przedubojowego, obecność pokarmu w wolu i przewodzie trawiennym, który jest przyczyną zanieczyszczeń tuszek w czasie patroszenia	Przestrzeganie GMP głodzenia
Oparzanie, skubanie i mycie po skubaniu	CCP – 2	Zanieczyszczenie krzyżowe patogenami między tuszkami zanieczyszczoną wodą oparzalnika i palcami skubarki. Zanieczyszczenie mięśni bakteriami w miejscach uszkodzenia skóry, niedokładne usunięcie widocznych zanieczyszczeń	Przestrzeganie GMP/GHP oparzania, skubania i mycia po skubaniu
Przecięcie, otwieranie jamy ciała i patroszenie	CCP – 3	Zanieczyszczenie fizyczne i mikrobiologiczne treścią przewodu pokarmowego, nieprawidłowe czyszczenie automatycznej patroszarki	Przestrzeganie GMP głodzenia oraz proceduralny nadzór nad działaniem i regulacją automato-patroszarki
Mycie tuszek	CCP – 4	Zanieczyszczenie fizyczne i mikrobiologiczne, tj. widoczne zanieczyszczenia na zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni tuszek jako wynik nieskutecznego mycia i z tym związana obecność patogenów	Przestrzeganie GMP/GHP mycia tuszek
Schładzanie podrobów	CCP – 5	Nieefektywne wychładzanie, podwyższona temperatura i nadmierny rozwój bakterii, w tym chorobotwórczych	GMP schładzania podrobów
Wychładzanie tuszek	CCP – 6	Niewystarczająco efektywne schładzanie tuszek, wzrost bakterii chorobotwórczych	GMP schładzania tuszek

Tabela 17.4

Zagrożenia i propozycje CCP oraz ewentualne działania zapobiegawcze w procesie produkcji peklowanej, gotowanej i plasterkowanej szynki z indyka. Modyfikacja [8]

Etap procesu	CCP	Charakterystyka zagrożenia M – mikrobiologiczne C – chemiczne F – fizyczne	Działania prewencyjne
Przyjęcie surowca mięsnego	CCP 1	M – Otrzymanie surowca o podwyższonej temperaturze niespełniającego wymaganych kryteriów świeżości i zanieczyszczeń mikroflorą <b>PRZYJMUJE SIĘ ZAŁOŻENIE, ŻE W KAŻDYM SUROWCU</b> M – Obecność bakterii chorobotwórczych, nieprzetrawialnych: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Yersinia</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Salmonella</i> , <i>E. Coli</i> i innych (kontrolowana w CCP3) M – Obecność bakterii przetrawialnych: <i>Clostridium perfringens</i> , <i>C. botulinum</i> i innych (kontrolowana w CCP 4)	Przestrzeganie zasad GMP/GHP  Przestrzeganie zasad GMP/GHP surowego mięsa
Sporządzanie solanki peklująco-marynującej, jej ilościowe nastrzykiwanie (zgodnie z recepturą)	CCP 2	M – Rozwój patogenów w gotowym produkcie jako rezultat braku dostatecznej ilości azotynu w zastosowanej recepturze sporządzania solanki peklująco-marynującej C – Nadmiar azotynu w produkcie w wyniku nieprawidłowego ważenia i nastrzyku	Przestrzeganie GMP peklowania i marynowania
Obróbka cieplna	CCP 3	M – Rozwój bakterii chorobotwórczych w wyniku niedogrzanania wyrobu	GMP obróbki cieplnej
Wychładzanie	CCP 4	M – Sporulacja <i>C. perfringens</i> i wzrost bakterii jako rezultat niedostatecznej dynamiki wychładzania	
Ściąganie ostonek używanych do formowania bloku szynki	CCP 5	M – Zakażenie krzyżowe patogenami (np. <i>Salmonella</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> ) w wyniku nieprawidłowego postępowania ludzi i zanieczyszczenia urządzeń (maszyn)	GMP/GHP ściągania ostonek
Pakowanie / znakowanie produktu	CCP 6	M – Wzrost patogenów jako efekt nieprawidłowego zakodowania daty	GMP /GHP pakowania i znakowania

Tabela 17.5

## Ogólny plan HACCP w rzeźni kurcząt [33]

Etap procesu	CCP	Limity krytyczne	Monitorowanie Sposób/częstotliwość	Czynności korekcyjne	Zapisy	Weryfikacja CCP
1	2	3	4	5	6	7
Stekowanie, otwarcie jamy ciała, patroszenie	CCP1	<p>≤2% tuszek z widocznymi zanieczyszczeniami treścią z przewodu pokarmowego</p> <p>Wszystkie urządzenia winny być myte ciągle wodą o temp. pokojowej zawierającą ≥20 ppm chloru</p>	<p>Pracownik stanowiskowy obserwuje defekty tuszek</p> <p>Rejestruje poziom chloru 2x na zmianę</p>	<p>Regulacja maszyn</p> <p>Obniżenie prędkości linii</p> <p>Pracownik usuwa defekty lub zwraca tuszki ponownie na linię</p> <p>Regulacja urządzeń do chlorowania</p>	<p>Zapis defektów tuszek</p> <p>Urządzenie do chlorowania</p>	<p>Sprawdzenie tuszek po patroszeniu; ilość prób powinna zabezpieczyć przyjęty system kontroli</p> <p>Przeгляд zapisów każdej zmiany</p>
Mycie końcowe	CCP2	<p>≥20–50 ppm chloru w wodzie o temp. pokojowej</p> <p>Dostateczne ilości wody do powierzchniowego i wewnętrzznego opłukania tuszki.</p> <p>≤0.5% tuszek z widocznymi zanieczyszczeniami treścią przewodu pokarmowego</p>	<p>Sprawdzanie poziomu chloru w wodzie oraz na powierzchni opłukiwanych tuszek 4x na zmianę</p> <p>Co godzinę sprawdzanie zabrudzeń tuszki</p>	<p>Regulacja stężenia chloru w wodzie</p> <p>Regulacja natrysku powierzchni</p> <p>Zmniejszenie szybkości linii</p> <p>Usuwanie zanieczyszczonego tuszki lub ich ponowne zwrócenie na linię</p>	<p>Koncentracji chloru</p> <p>Pravidłowości zmywania powierzchni</p>	<p>Codzienny przeгляд zapisów</p> <p>Oznaczenie liczby tlenowych mezofili albo <i>Enterobacteriaceae</i> dla potwierdzenia redukcji zakażenia</p> <p>Okresowy przeгляд urządzenia dla zapewnienia funkcjonowania zgodnie z zaprojektowaną zdolnością</p>
Chłodzenie	CCP3	<p>Prędkość przepływu wody, przepisy FSIS 1.9 l/ kurczę. Temp. wewnątrz mięśnia piersiowego</p> <p>po schłodzeniu ≤4.5°C.</p> <p>≥ 1 ppm chloru resztkowego w wodzie wypływającej ze schładzalnika</p>	<p>Ciągły pomiar i zapis prędkości przepływu wody, sprawdzany 2x na zmianę.</p> <p>Pomiar temp. mięśnia 1x na godz.</p> <p>Rejestracja poziomu chloru w wodzie wypływającej 2x na zmianę</p>	<p>Regulacja prędkości przepływu wody</p> <p>Regulacja prędkości linii i dodatku lodu i schładzalnika dla osiągnięcia właściwej temp. mięśnia (tuszki)</p> <p>Zadecydować, czy produkt należy zatrzymać, ponownie schłodzić, czy zniszczyć</p>	<p>Karta / wykres prędkości przepływu wody</p> <p>Karta zawartości chloru w wodzie</p> <p>Karta zapisu defektów</p>	<p>Codzienny przeгляд zapisów przez nadzór</p> <p>Okresowa kalibracja urządzeń rejestrujących temp.</p> <p>Okresowy przeгляд prawidłowości funkcjonowania urządzeń.</p> <p>Okresowe oznaczanie mezofili tlenowych i <i>Enterobacteriaceae</i> dla oceny stopnia redukcji liczby bakterii</p>

Tabela 17.5 c.d.

1	2	3	4	5	6	7
Dzielenie na elementy odkostnianie	CCP 4	Wewnętrzna temp. produktu $\leq 10^{\circ}\text{C}$ Właściwe w czasie przemieszczenia produktu zapobiega gromadzeniu się mięsa W pomieszczeniach o temp. $\geq 10^{\circ}\text{C}$ mycie urządzeń, powierzchni w połowie trwania zmiany (w przerwie)	4 x dziennie; pomiar temp. produktu Kontrola gromadzenia się produktu 4 x dziennie kontrola temp. pomieszczenia	Zatrzymanie produktu i decyzje o wychładzaniu lub zniszczeniu produktu Szybkie chłodzenie przez dodatek lodu lub zwiększenie intensywności przepływu Zmiana organizacji przepływu produktu	Temperatury i nawarstwiania się produktu	1 x na zmianę zapisów Kontrola dokładności umycia urządzeń i powierzchni produkcyjnych w pomieszczeniach $\geq 10^{\circ}\text{C}$
Etykietowanie i kodowanie daty	CCP 5	Umieszczenie daty na każdym opakowaniu Umieszczenie daty na każdym opakowaniu dla identyfikacji partii	Na początku pracy urządzeń sprawdzanie prawidłowości umieszczenia etykiety i jej datowania Okresowo kontrola tej prawidłowości Ocena tej prawidłowości na początku nowej serii produkcyjnej	Skorygowanie etykietowania	Dziennik etykietowania i kodowania dat	Przegląd zapisów przez nadzór na każdej zmianie
Przechowywanie chłodnicze	CCP 6	Temp. produktu $\leq 4.5^{\circ}\text{C}$	Pomiar temp. produktu 1 x na minutę Stały pomiar temp. w chłodni	Uregulowanie temp. chłodni	Temperatury dyspozycji produktu	Dzienny przegląd zapisu temperatur Okresowe kalibracje urządzeń pomiarowych temperatury Okresowe oznaczanie mezofili tlenowych lub <i>Enterobacteriaceae</i> dla oceny systemu

Tabela. 17.6

Przykład ogólnego planu HACCP do peklowanej, gotowanej i plasterkowanej szynki z indyka

Etap procesu	CCP	Limity krytyczne	Procedura monitorowania	Czynności korekcyjne	Zapisy	Weryfikacja CCP
		3	4	5	6	7
Przyjęcie mięsa	CCP 1	Barwa i zapach w normie, specyfikacja mięsa wg umowy, temp. max. 4°C w centrum i na powierzchni mięsa. Data uboju indyków i pakowania świeżego mięsa (max. „x” dni) Specyfikacja warunków uboju i rozbioru oraz temp. w transporcie zgodnie z umową Brak materiału obcego (fragmenty kości, drewna itd.) o wielkości $\geq 2$ mm	Odbierający sprawdza każdą partię towaru – temperaturę, datę na opakowaniu, wzrokowo uszkodzenia kartonów, organoleptycznie ocenia produkt Odbiorca zgodnie ze specyfikacją umowy przeprowadza kontrolę uzyskiwania bezkostnego mięsa u dostawcy Jeśli kartony są uszkodzone, kontrola mięsa na obecność ciał obcych	Odbierający zatrzymuje partię surowca, informuje kierownictwo i dostawcę Następuje zwrot produktu lub przeprowadza się odpowiednie testy i podejmuje decyzję Zatrzymanie dostawy Poinformowanie kierownictwa i dostawcy	W książce przyjęć surowca Kontrola Jakości (KJ) Wykonuje zapisy na formularzu temperatur Zapisy analiz laborat.	Pracownicy Kontroli Jakości (KJ) kontrolują księgi zapisów 1 x tydzień kontrola temp. i pobranie prób do analiz 1 x tydzień audyt u dostawcy Kontrola Jakości (KJ) 1 x tydzień KJ sprawdza księgę zapisu, prowadzi reinspekcję braku kości w mięsie w co „x” dostawie
Sporządzenie solanki peklowo-marynującej	CCP 2	„x” ppm Na NO <sub>2</sub> w składzie solanki ustalony „x” % nastrzyku	Przygotowujący wpisuje do zeszytu sporządzanie solanki Kontrola poziomu azotynu papierkiem wskaźnikowym w każdej partii solanki Rejestracja masy mięsa przed i po nastrzyku (wylizanie % nastrzyku)	Przygotowujący solankę zatrzymuje solankę i zawiadamia przełożonego Kierownik zatrzymuje produkt nastrzyknięty już w nadmiarze, zawiadamia Dział Kontroli Jakości Przekalibrowanie nastrzykiarki Korekta nastrzykniętej w zbyt małej ilości partii mięsa	Formularze kontrolne sporządzania solanki Wyniki analiz laboratoryjnych Zapisy z kontroli nastrzykiarki	Kontrola Jakości testuje partie nastrzykniętego mięsa 2 x tydzień papierkiem wskaźnikowym Przełożony kontroluje zapisów 1 x tydzień Przełożony kontroluje zapisy sporządzającego solanki 2 x tydzień i weryfikuje prawidłowość nastrzyku Weryfikacja wskazań wag 1 x tydzień

Tabela. 17.6 c.d.

1	2	3	4	5	6	7
Obróbka ciepła	CCP 3	Dogrzanie i temp. np. $71^{\circ}\pm 1$ w centrum bloku Limit czasu ogrzewania ustalony w programie ogrzewania dla określonego asortymentu	Kontrola cyklu ogrzewania, ręczna kontrola temp. w każdej partii, kontrola zapisów (wykresów) i ich podpisanie przez operatora	Ogrzewać do uzyskania wymaganej temp. (przedłużyć okres czasu, jeśli jest to konieczne)	Formularze kontrolnych zapisów dla każdej partii Wykresy, termogramy zachować dla KJ	Zapisy, wykresy kontrolowane 1 x tydzień przez KJ
Wychładzanie	CCP 4	Schładzanie do temp. $4^{\circ}\text{C}$ w 12 h	Ręczna kontrola temp. każdej partii przez operatora Natyśkiwanie partii do osiągnięcia požądanej temp. wewnętrznej Kontrola temp. wody wychładzającej	Kontrola temp. pomieszczenia wychładzania, korekta wychładzania partii – jeżeli niemożliwe w ciągu 1h, zawiadomienie przełożonego, przesunięcie partii do chłodni	Temp. pomieszczenia i produktu (wewnętrzna)	Przegląd zapisów przez KJ Audyt monitorujący sposób realizacji procedur
Ściąganie osłonek używanych do formowania bloku i plasterkowanie szynki	CCP 5	Czyste i odkażone rękawice, kontakt rąk z czymkolwiek innym niż blok (baton) szynki wymaga odkażenia rąk przez zanurzenie w roztworze środka dezynfekcyjnego przed powrotem na stanowisko. „0” tolerancji dla zabrudzonych rąk i rękawic	2 x dzień kontrola sposobu pracy operatorów przez przełożonego, zapis	Przełożony instruuje realizatorów i ocenia aż do uzyskania prawidłowego postępowania Produkt wycofać do ponownej obróbki	KJ sprawdza zapisy, sporządza raport z wyników analiz, wyznaczów z rękawic i powierzchni kontaktu	Audyt 1 x tydzień sposobu pracy pracowników Pobieranie wynazów z rękawic i powierzchni kontaktu 1 x tydzień
Pakowanie, znakowanie produktu	CCP 6	Właściwe datowanie ustalone w testach trwałościowych wyrobu Wywołanie alergii w wyniku braku kompletnej / mylnej listy dodatków do produktu	Sprawdzanie prawidłowej daty oraz listy dodatków dla każdej partii produktu. Sprawdzanie, czy każde opakowanie ma prawidłową, czytelną informację we właściwym miejscu	Przełożony usuwa nieprawidłowe opakowania do ponownego zapakowania Zapisuje każdy przypadek	KJ sprawdza i podpisuje sporządzone zapisy	KJ 1 x miesiąc sprawdza zgodność receptur z listą dodatków na opakowaniu i prawidłowość dat „spójść najlepiej przed”

## 17.9. Ocena wdrażanego systemu HACCP w sektorze drobiarskim

Z obserwacji wdrażania systemu HACCP w krajowym kompleksie przemysłu drobiarskiego wynika, że [21, 23] :

- pomijany jest etap produkcji surowca, w istocie kluczowe źródło zagrożeń zdrowotnych;
- wdrażanie systemu zaczyna się dopiero u bramy rzeźni drobiu;
- negowany jest w systemie kontroli przez producenta etap drogi produktu od bramy zakładu do klienta;
- brak poprzedzających, względnie równoczesnych wdrożeń systemu GMP i GHP;
- traktowanie systemu przez kierownictwo wielu firm jako koniecznej formalności, co wynika z obligatoryjności stosowania systemu HACCP w branżach produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego.

## 17.10. Streszczenie

Bezpieczeństwo żywności to szereg warunków, które muszą być spełnione, i działań, które muszą być podejmowane na wszystkich etapach produkcji i obrotu żywnością oraz środkami żywienia zwierząt gospodarskich w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka. Jednym z najważniejszych aspektów jakości mięsa drobiowego jest jego bezpieczeństwo zdrowotne, tj. możliwie najmniejsze zanieczyszczenie mikroflorą, zwłaszcza chorobotwórczą i pozostałościami substancji chemicznych. W warunkach masowej produkcji i uboju drobiu największe zagrożenie stanowią bakterie i grzyby chorobotwórcze oraz ich toksyny, zwłaszcza w tych przypadkach, w których kompleksowe rozwiązania zapewniają tylko częściowe zniszczenie czynników chorobotwórczych pomimo przestrzegania zasad Dobrej Praktyki Produkcyjnej. Stwierdza się większą częstotliwość występowania groźnych dla zdrowia człowieka bakterii, jak *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, chorobotwórcze szczepy *Escherichia coli* oraz *Clostridium perfringens*. Zanieczyszczenia chemiczne występujące jako pozostałości w mięsie drobiu, w stężeniach przekraczających dopuszczalne wielkości i kumulujące się w organizmie, stanowią poważny problem z uwagi na postępujące zanieczyszczenie środowiska. Dotyczy to zwłaszcza pestycydów, aflatoksyn i leków.

Poznanie mikroflory saprofitycznej mięsa drobiowego rozwijającej się w warunkach przechowywania chłodniczego tego mięsa jest istotne dla właściwego i bezpiecznego przechowywania.

W procesach przetwórstwa mięsa drobiowego, podobnie jak w innych produktach, dąży się do złagodzenia parametrów utrwalania, w tym obróbki termicznej, spełniając wymagania konsumentów preferujących żywność przetworzoną w niewielkim stopniu, o możliwie wysokim stopniu zachowania cech naturalnych. To szczególnie zaostrza wymagania mikrobiologiczne w odniesieniu surowców użytych do przetwórstwa. Utrzymanie odpowiedniego poziomu higieny surowców, procesów produkcyjnych i produktów z drobiu wymaga stałego ich kontrolowania i eliminowania mikroflory chorobotwórczej i saprofitycznej przy zastosowaniu specjalistycznych metod. Podobnie w przypadku zanieczyszczeń

substancjami chemicznymi dostosowywanie metod do oznaczania ich pozostałości wymaga stałego ich modyfikowania i aktualizowania.

System HACCP, po przeprowadzeniu analizy zagrożeń, pomaga zlokalizować miejsca i źródła ryzyka wystąpienia zagrożeń na poszczególnych etapach wytwarzania. Na dalszym etapie metoda umożliwi wyznaczenie krytycznych punktów kontrolnych, w których te zagrożenia mogą być kontrolowane, monitorowane oraz likwidowane względnie minimalizowane. Analiza zagrożeń, podstawowy etap systemu, nie jest łatwy i wymaga rozległej wiedzy mikrobiologicznej, dobrej znajomości problematyki branży, a w szczególności obszaru pozyskiwania surowca, technologii przetwarzania oraz dystrybucji. W celu opracowania systemu HACCP niezbędna jest aktualna rejestracja skażeń na różnych etapach produkcji w konkretnej firmie.

Pomimo wspomnianych niedoskonałości HACCP wraz z Dobrą Praktyką Produkcyjną, Higieniczną oraz Weterynaryjną mogą stanowić kompleksowy system zarządzania bezpieczeństwem zdrowotnym, efektywny i najmniej kosztowny sposób kontroli ryzyka zagrożeń w produkcji fermowej, uboju, przetwórstwie oraz dystrybucji drobiu.

## Piśmiennictwo

- [1] Ahmed N.M., Conner D.E. Huffman D.L.: 1995. Heat-resistance of *Escherichia coli* O 157: H7 in meat and poultry as affected by product composition. *J. Food Sci.*, 60, 60.
- [2] Anonim: 1997. Zagrożenia zdrowia wywołane niewinną bakterią jelitową. *Mięso i Wędliny*, 4, 42.
- [3] Bolder M.N.: 1998. The microbiology of the slaughter and processing of poultry, [in:] *The Microbiology of Meat and Poultry*. Ed. by A. Davies and R. Board, Blackie Academic & Professional, London.
- [4] Bryan F.L., Doyle M.P.: 1995. Health risk and consequences of *Salmonella* and *Campylobacter jejuni* in raw poultry. *J. Food Prot.*, 58, 326.
- [5] Brzóska F.: 2000. Ograniczenia stosowania antybiotyków paszowych w przemyśle paszowym i produkcji mieszanek paszowych. *Polskie Drobiarstwo*, 9, 6, 13.
- [6] Cegielska-Radziejewska R., Woś Z.: 2004. Higiena mięsa i przetworów drobiowych, [w:] *Mięso i przetwory drobiowe*. Technologia, Jakość, Higiena. Red. Grabowski T. i Kijowski J., WNT, Warszawa.
- [7] Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J.: 1996. Występowanie i drogi transmisji *Campylobacter* u drobiu. *Polskie Drobiarstwo*, 5, 6, 2.
- [8] CFIA.: 1998. HACCP generic model. Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, Canada.
- [9] Codex Alimentarius Commission.: 2003. Food Hygiene Basic Text. Annex. Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP), System and Guidelines for its Application, CAC/RCP –1969, revised 4-2003, FAO/WHO.
- [10] Cox N.A., Bailey J.S.: 1987. Pathogens associated with processed poultry, [in:] *The Microbiology of Poultry Meat Products*. Ed. by F.E. Cunningham and N.A. Cox, Academic Press, Inc, Orlando.
- [11] Cox N.A., Russell S.M., Bailey J.S.: 1998. The microbiology of stored poultry, [in:] *The Microbiology of Meat and Poultry*. Ed. by A. Davies and R. Board, Blackie Academic & Professional, London.
- [12] Cunningham F.E.: 1987. Types of microorganisms associated with poultry carcasses, [in:] *The Microbiology of Poultry Meat Products*. Ed. by F.E. Cunningham and N.A. Cox, Academic Press, Inc, Orlando.



- [13] De Boer E., Hartog B.J., and Oosterom J.: 1982. Occurrences of *Yersinia enterocolitica* in poultry products. *J. Food Prot.*, 45, 322.
- [14] Dyrektywa Rady 93/117/EEC z 17.12.1992 „w sprawie środków zapobiegawczych przed określonymi zoonozami i ich zarazkami u zwierząt i w wyrobach pochodzenia zwierzęcego celem zapobiegania zakażeniom i zatruciom od środków spożywczych”.
- [15] Fehlhaber K.: 1996. Problemy mikrobiologiczne u drobiu rzeźnego. *Med. Wet.*, 52, 12, 758.
- [16] Garcia-Lopez M.L., Prieto M. and A. Otero.: 1998. The physiological attributes of Gram-negative bacteria associated with spoilage of meat and meat products, [in:] *The Microbiology of Meat and Poultry*. Ed. by A. Davies and R. Board, Blackie Academic&Professional, London.
- [17] Hargis B.M., Caldwell D.J. and J.A. Byrd.: 2001. Microbiological pathogens: live poultry considerations, [in:] *Poultry Meat Processing*. Ed. By A.R. Sams Ph.D., CRC Press LLC.
- [18] Holzapfel W.H.: 1998. The Gram-positive bacteria associated with meat and meat products, [in:] *The Microbiology of Meat and Poultry*. Ed. by A. Davies and R. Board, Blackie Academic&Professional, London.
- [19] Hoszowski A., Wasyl D.: 2003. Występowanie pałeczek *Salmonella* u zwierząt i w paszach. Odporność na substancje antybakteryjne. PIWET w Puławach. Materiały konferencyjne.
- [20] Jacobs-Retisma W.: 1994. Dissertation: Epidemiology of *Campylobacter* in Poultry. Het Spelderholt, Beekbergen.
- [21] Kijowski J.: 2001. Bezpieczeństwo zdrowotne i jakość żywieniowa mięsa drobiowego i jaj. *Żywność, Technologia, Jakość*, 4, 29, supl. 82.
- [22] Kijowski J., Wysłouch W.: 2004. System zarządzania bezpieczeństwem zdrowotnym (HACCP) w przemyśle drobiarskim, [w:] *Mięso i przetwory drobiowe*. Technologia, Jakość, Higiena. Red. T. Grabowski i J.Kijowski, WNT, Warszawa.
- [23] Kijowski J.: 2000. Systemy zapewnienia jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego produktów zwierzęcych. Materiały Konferencji Naukowej „Jakość i Bezpieczeństwo Żywności Pochodzenia Zwierzęcego”, Akademia Rolnicza, Wrocław, 26.09., 39–57.
- [24] Kijowski J., Maleszka A.: 2005. HACCP system zapewnienia bezpieczeństwa w produkcji i obrocie żywnością. Wydawnictwo Poznański Park Naukowo-Technologiczny Fundacji Uniwersytetu A. Mickiewicza w Poznaniu. Polfood – informator dla przedsiębiorców. Finansowane z 6 Programu Ramowego Badań i Rozwoju UE.
- [25] Kłopotek B.: 2002. Zasady postępowania z PCB w świetle nowych ustaw: Prawo ochrony środowiska i ustawy o odpadach. Ministerstwo Środowiska, Departament Ochrony Środowiska, Warszawa, [www.pcb.pl/zasady.shtml](http://www.pcb.pl/zasady.shtml).
- [26] Kołożyn-Krajewska D.: 2001. Higiena produkcji żywności. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [27] Kołożyn-Krajewska D., Sikora T.: 1999. HACCP koncepcja i system zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności SIT Spoż., Warszawa.
- [28] Krawczyk J., Wężyk S.: 2000. Koszty rezygnacji z antybiotyków w żywieniu kurcząt brojlerów. *Polskie Drobiarstwo*, 9, 7, 3.
- [29] Kwiatek K., Wojtoń B, Stern J.N.: 1990. Prevalence and distribution of *Campylobacter* spp. On poultry and selected red meat carcasses in Poland. *J. Food Prot.*, 53, 127.
- [30] Kwiatek K.: 2000. Pałeczka *Salmonella* – aspekty epidemiologiczne w powiązaniu z krajowym programem zwalczania salmonelloz u drobiu. *Polskie Drobiarstwo*, 9, 4, 24.
- [31] Kwiatek K.: 2000. Warunki sanitarno-weterynaryjne wymagane w programie eliminacji pałeczek *Salmonella* w produkcji drobiarskiej w świetle przepisów krajowych i Unii Europejskiej. Krajowe Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów Wiejskich, Oddział w Poznaniu.
- [32] Larbier M., Leclercq B.: 1995. Żywnienie drobiu. PWN, Warszawa.
- [33] Mead G.C.: 1997. HACCP in the poultry industry. *Proceed. 13<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality of Poultry Meat*, Poznań, 562–575.
- [34] Michalski M.M., Wojtoń B.: 1997. Nitrate and nitrites levels in selected poultry meat products in Poland in 1994–1995. *Proceed. 13<sup>th</sup> Europ. Symp. Quality of Poultry Meat*, September, 21–26, Poznań, Poland, 529.

- [35] NACMCF.: 1997. Generic HACCP application in broiler slaughter and processing. *J. Food Prot.*, 60,(5), 579.
- [36] Niewiadowska A.: 2002. Badania pozostałości polichlorowanych bifenyli (PCB) w żywności zwierzęcego pochodzenia. PIW, Puławy, [www.pcb.pl/zdr\\_niewiadowska.shtml](http://www.pcb.pl/zdr_niewiadowska.shtml).
- [37] Norma ISO 9842 :1982- Symbole.
- [38] Owczarek L.: 2002. HACCP i higiena żywności. Weka – Wyd. Informacji Zawodowej.
- [39] Petridis K., Schluter S.: 2001. HACCP umsetzen. Carl Hanser Verlag Munchen, Wien.
- [40] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 maja 2003 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości zanieczyszczeń chemicznych, biologicznych, produktów leczniczych i skażeń promieniotwórczych w roślinach, u zwierząt, w tkankach lub narządach zwierząt po uboju i w środkach spożywczych pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego (Dz. U. z 2003 r. Nr 97, poz. 884).
- [41] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz. U. z 2003 r. Nr 37, poz. 325 i 326).
- [42] Rozporządzenie Rady nr 2377/ 90 z dnia 26 czerwca 1990 r. określające procedurę Wspólnoty dla ustalania najwyższych dopuszczalnych pozostałości weterynaryjnych produktów medycznych (leków) w żywności pochodzenia zwierzęcego.
- [43] Rozporządzenie Rady 315/93/EEC z 8 lutego 1993 r. określające procedury postępowania z zanieczyszczeniami w żywności.
- [44] Russel S.M.: 2001. Spoilage bacteria associated with poultry, [in:] *Poultry Meat Processing*. Ed. By A.R. Sams Ph.D., CRC Press LLC.
- [45] Stobińska H.: 2000. Mycie i dezynfekcja jako punkty krytyczne w ocenie systemu HACCP, [w:] *Mikrobiologia i higiena w przemyśle spożywczym*. Pod red. Z. Żakowskiej i H. Stobińskiej, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.
- [46] Turlejska H., Szponar L., Pelzner U.: 2000. HACCP w systemie bezpieczeństwa żywności i ochrony zdrowia. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa.
- [47] Ustawa z 11.05.2001. O warunkach zdrowotnych żywności i żywienia. Dz. U. nr 63, poz. 634 z 22.06.2001.
- [48] Ustawa z 25.08.2006. O bezpieczeństwie żywności i żywienia. Dz. U. nr 171, poz. 1225.
- [49] Ustawa z dnia 23 sierpnia 2001 r. O środkach żywienia zwierząt. Dz. U. nr 123, poz. 1350.
- [50] Ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. O wprowadzeniu ustawy – Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw. Dz. U. nr 100, poz. 1085.
- [51] Wyslouch W., Kijowski J.: 2003. Integracja systemu HACCP i systemu według normy PN-EN ISO serii 9000:2001, [w:] *Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem żywności. Integracja i informatyzacja systemów*. Red. J. Kijowski i Sikora T. WNT, Warszawa.
- [52] Żakowska Z., Stobińska H.: 2000. *Mikrobiologia i Higiena w Przemysle Spożywczym*, Wyd. Politechniki Łódzkiej.
- [53] Żmudzki J.: 2000. *Zanieczyszczenia w żywności*, [w:] *Prawo żywnościowe Unii Europejskiej*. Pod red. E. Niteckiej i M. Obiedzińskiego, FAPA, Warszawa.

# INDEX

- absorpcja (wody) 121, 211, 213, 227–228  
*Achromobacter* 232, 289, 302, 431, 432  
ADP (adenozynodifosforan) 101, 102, 131  
agregacja (białek) 100, 117, 250, 276, 342  
agrobiznes 28, 29–30, 35–36  
aktomiozyna 100–102, 115–116, 118, 122–124, 250, 285, 296, 341, 385  
aktyna (G, F) 87, 88, 101–106, 111, 112, 115–119, 122–124, 133–134, 145, 250, 252, 276, 296  
aktynina 101–106, 111, 112  
aldehydy 109, 131, 161, 163, 170, 171–172, 238, 254, 256, 258, 277, 279  
alginiany 120, 386  
amoniak 49, 52–54, 57, 136, 141, 238, 437  
analiza SWOT 10  
analiza zagrożeń 10, 412, 422, 423, 456  
antybiotyki 56, 68, 188–189, 299–300, 305, 441, 447–448, 456, 458  
antyoksydanty 70, 166, 179, 293, 303  
askorbinowy kwas 167, 171, 293, 295–297, 383–384  
*Aspergillus* 56, 301, 441  
aspergiloza 56, 223  
ASS (avian stress syndrom) 139  
atmosfera modyfikowana 284, 303, 392  
audit 409–458  
azotany 166–167, 189, 235, 290–295, 298, 300, 303–305, 378, 384, 402–403, 418–419, 442  
azotyny 166, 235, 290, 304–305, 418, 442–443  
barierowe osłonki 352, 366, 383, 391  
barwa mięsa 74, 182, 236–237, 275, 286, 292–293, 298, 344, 392  
barwniki hemowe 74, 89, 91, 113, 140, 143, 163, 166, 235, 237, 253, 255, 294, 315, 344, 346–347  
bazyanty 276, 287  
bezpieczeństwo zdrowotne 33, 162–163, 291, 402, 404, 409, 411, 413–415, 417, 429, 430, 446, 456–457  
białe (jasne) włókna 87, 91–92, 93–94, 101, 269  
białka 56, 59, 60, 64–67, 70–73, 71, 72, 85, 87–88, 93, 95, 99–109, 111–125, 134–135, 153, 161, 163, 168, 170, 172, 174, 179–185, 188, 190, 192, 237, 246, 249–250, 252–254, 259, 265, 276–277, 279–280, 287, 295, 300, 301, 314, 327, 336, 338, 342–348, 351–353, 359–363, 369, 375, 377–378, 381–382, 385–386, 394, 399, 403, 418, 446  
białkowe preparaty 349, 385  
bilans żywnościowy 9  
biodegradowalne opakowania 393  
blokowe wyroby 368–371, 373, 383, 389, 392–393, 405  
błona hialinowa 80  
błonnik 184, 190, 381–383, 386–387, 394  
brojler „junior” 40  
brojler 15, 31, 36–43, 46–49, 51, 53–55, 57–58, 61, 64, 70–76, 94, 147, 149, 150, 153–156, 192–194, 201–203, 206, 212, 215–216, 230, 236, 238, 242, 251, 260, 264, 275, 286, 287, 310, 394, 408, 435, 441, 448, 457  
CA (kontrolowana atmosfera) 200, 223, 255, 283, 285, 286, 302–303, 391  
CCP (krytyczny punkt kontroli) 10, 411, 415–416, 421–426, 429–430, 447–454  
celuloza 69, 111, 256, 335, 360, 382, 387, 389, 393  
chłodzenie (metody) 132, 136, 210, 215, 240, 245, 248, 264, 266, 285, 313, 333  
chlorek sodu 166, 272, 289–291, 296–297, 301, 303, 383–385, 432  
cholesterol 64, 68, 70, 72, 87, 153, 158–159, 170, 172, 174–176, 179, 185, 189–192, 294, 346, 402, 407  
chorągiewka (pióra) 84–85  
*Clostridium botulinum* 257, 291, 300, 314, 318, 434, 442  
CMC karboksymetyloceluloza 382, 386  
*Codex Alimentarius* (kodeks żywnościowy) 221, 409, 412, 414–415, 456  
COGECA 29  
cold-shortening 132, 269  
convenience food 397, 406, 408  
cukry 108, 141, 170–171, 185, 188, 238, 254, 277, 294, 381, 387  
ćwiartka:  
– tylna 217, 224, 363  
– przednia 217, 224  
cytochrom 89, 112, 140, 161, 163, 236, 292  
cytoskieletowe białka 99, 103–104, 105  
cytozol 87, 110–111, 133, 314  
czerwone (włókna) 87, 91, 92–93, 101, 136, 139, 269  
denaturacja białek 102, 117–118, 140, 233, 246, 249–250, 252–253, 270, 276, 282, 310, 313–315, 317, 343, 347  
desmina 103, 105–107, 111, 124, 134–135

- DFD mięso 113, 132, 140, 145, 147, 242, 394  
diacyloglicerole 153  
diagram przepływu 417, 421–422  
Dobra Praktyka Higieniczna – GHP 189, 222,  
413–415, 430, 438, 443, 446, 448, 455–456  
Dobra Praktyka Produkcyjna – GMP 189, 298,  
413–415, 430, 438, 443, 445–448, 455–456  
dojrzwanie 48, 96, 109–111, 132–138, 145,  
147, 160, 214, 219, 238–239, 241, 259, 264,  
272, 285–286, 301, 335  
dojrzwanie mięsa 96, 110, 112, 132–138, 145,  
160, 214, 219, 238–239, 241, 259, 264, 272,  
285–286, 301  
dokozaheksaenowy kwas (DHA) 173  
dokumenty systemowe 428  
duszenie 186, 246, 248, 259  
DWC (Dominant White Cornish) 40  
dwufazowe mrożenie 213  
dym 171, 172, 256–259, 334–335, 353, 365,  
368, 388–389  
dymogenerator 256, 257, 335  
dyrektywy unijne 221, 300, 304, 384, 410–411,  
414, 438–439, 447, 457  
dystrofia mięśni 91, 142, 145  
działania dostosowawcze 420  
działania korygujące 416, 425–426, 429  
działania zapobiegawcze 412, 416, 423, 447–  
450, 457  
dzielenie tuszek 23, 45, 72, 193, 214, 216–217,  
434, 444–446  
dziób 79–80, 202  
eksport mięsa 9–10, 15, 18–19, 22, 33, 47, 193,  
414  
elektromagnetyczne:  
– promieniowanie 245, 307, 310–311, 245  
– pole 309  
elementy (kawalki) 23, 28, 40, 165, 180, 185,  
214, 216–221, 223–230, 234–235, 241,  
243–244, 246–247, 252, 257, 259, 266, 268,  
271, 272, 275, 281, 283–285, 287, 295,  
301–302, 334, 338, 344–346, 351, 360, 366,  
374, 378, 392, 399–401, 403–404, 446  
emulgowania zdolność 115, 121–123, 163, 165,  
249, 289, 325, 334, 342, 347, 377, 385–386  
fagocytoza 142  
farsz kielbasiany 122–123, 323, 326, 328, 340–  
342, 344, 348, 353, 358, 360–361, 364  
fazowe włókna 91  
ferrytyna 161  
filamenty (miofilamenty) 87–89, 96, 99–106,  
116–118, 123–127, 133–134, 138, 145, 250,  
252, 314  
fileciarka 217  
folie 172, 220, 266, 281–282, 303, 310, 340,  
367–368, 370, 375, 379, 388–389, 391–393,  
406–407  
formowanie 118, 220, 322–323, 328, 336–337,  
339, 364, 368–371, 378, 392–394, 399,  
401–402, 404  
fosfolipidy 66, 87, 111, 153–157, 160, 163–165,  
167, 169–170, 172, 174, 187, 254, 298, 387  
fosforany 64, 109–110, 116, 130–131, 167,  
189–190, 290, 296–297, 303, 305, 330, 336,  
347, 358, 363, 366, 369, 375, 384–386, 400,  
442  
fosforylaza 91–92, 110, 130  
funkcjonalna żywność 189–190, 398, 408  
funkcjonalność 23, 114–115, 121–122, 124–  
125, 133, 175, 179, 183, 189–190, 231, 272,  
276–277, 287, 289, 301, 305, 369, 398, 400,  
408  
gazy ochronne 172, 302, 368, 436  
gen karłowatości 39  
genetyczne czynniki 139, 215  
gęsi 12–13, 15, 17–19, 34, 46, 47–48, 51, 53–  
59, 65–67, 72, 76, 79, 82–83, 87, 93–94, 96,  
139, 157–158, 173, 187, 194, 200, 202, 216,  
224–227, 250–251, 259, 268, 365, 403, 435,  
441  
glikogen 89, 91–94, 109, 129–132, 140–141,  
145, 160, 188, 269  
glikoliza 87, 93, 109, 129, 131–132, 139, 141,  
145, 194, 196, 200–201, 269  
głodzenie drobiu 138, 193–194, 229, 234, 449  
głowa 196, 199–200, 202, 206–207, 210, 214–  
215, 219, 223, 231  
głowica 324–325, 344, 378–379  
glutaminowy kwas 60, 101, 133, 183, 237–238,  
387  
gotowanie 66, 113, 184, 186, 237, 240, 246–  
247, 253, 260, 292, 296, 300, 308–309, 360,  
361, 372, 374–375, 377, 392, 401, 434, 444  
granica płynięcia 341, 342  
grupa producencka 33  
HACCP (Hazard Analysis and Critical Control  
Points) 10, 189, 409, 411–417, 422–423,  
426, 428–430, 437, 446–448, 451, 453,  
455–458  
handel zagraniczny mięsem drobiowym 19  
heat shortening (skrócenie ciepłne) 136

- hem 74, 89, 91, 13, 140, 142, 161, 163–164, 166, 175, 177, 187, 230, 235–237, 253, 255, 293–294, 315, 344, 346–347
- hemicelulozy 256, 386
- hemoglobina 52, 63, 89, 112, 161, 188, 230, 236, 291, 292, 346
- hipertrofia 91, 142–143, 441
- hipoksantyna 280
- hot deboning (odkostnianie na ciepło) 374
- HTST (High Temperature Short Time) 254, 308, 406
- Huntera skala barwy 236
- hydrokoloidy 352, 358, 365, 381–382, 386
- hydroliza 69, 85, 100, 108–109, 133, 159, 184, 252, 254, 301
- igły nastrzykowe 295
- imersja → schładzanie
- immersja (schładzanie) 210–211, 213, 232, 263, 266, 269, 284, 289, 299, 406–408, 435, 446, 449, 454
- indeks Adelmmana 28
- indeks konsystencji 341, 342
- indukcyjne ogrzewanie 308, 318
- indyki 13, 16–19, 23, 25, 35, 40, 42–45, 48–51, 53–55, 57, 61–63, 66, 68, 70–71, 74–75, 79, 85–87, 89, 93–94, 96, 113, 116, 119, 139–140, 142–144, 149, 157–161, 163, 165, 169–170, 173–174, 180–183, 185, 187, 194, 200–202, 205, 214, 217, 219, 223, 226–227, 250, 259, 266, 283, 290, 298, 310, 313, 346, 351, 353–356, 366, 367, 369–370, 377, 400, 403, 434–436, 441
- instrukcja postępowania 428
- integracja produkcji 28–32
- integrator 31, 283
- inteligentne opakowania 393
- IQF (individual quick freezing) 333, 336
- izoaskorbinowy kwas 295–297, 384
- jakość mięsa 48, 57, 61, 68, 72, 74–76, 132, 139, 147, 175–176, 180, 188, 190, 229, 231, 242, 255, 267, 394, 457
- jednostkowe opakowania 209, 213, 219–221, 223, 225, 227, 266, 268, 271, 279, 281, 310, 361, 375–378, 388–390, 393–394, 401, 406, 418
- jełczenie tłuszczów 159–261, 298
- jelita 55, 68–69, 72, 86, 149–150, 209, 215, 223, 225, 358–359, 435, 437, 441, 447, 456
- jonizujące promieniowanie 308, 310–312
- kaczki 13, 15, 17, 40, 46–47, 53–58, 65, 67, 71–72, 74, 80, 93, 95, 97, 139, 140, 142, 158, 173, 187, 203, 216, 223, 225–227, 244, 250, 261, 268, 276, 280, 282, 285, 287, 314, 400, 403, 435, 441
- kalpainty 134
- karageniany 351–395
- karotenoidy 70, 235, 236
- kaszanki 358, 360
- katepsyny 89, 110–112, 134, 136, 314
- kiełbasy 121–122, 169, 189–200, 290, 291, 298, 300–301, 303–305, 313, 315, 324, 343–344, 348–349, 352–354, 358–359, 363–364, 371, 382, 388–389, 394, 443
- klasyfikacja jakościowa 214, 226, 228, 282
- kolagen 89, 106–109, 124, 134–136, 182, 184, 191, 239, 246, 250, 252–254, 326, 334, 343–344, 347–348, 358, 360, 363, 365–368, 382–383, 386, 388, 393
- białko kolagenowe 184, 382, 385
  - masa kolagenowa 388
  - osłonka kolagenowa 388
  - siatka kolagenowa 107
  - tkanka kolagenowa 63
  - włókna kolagenowe 82, 83, 89, 106–109, 250, 252
- komory wędzarnicze 257, 334
- koncentrat białek 381, 385
- kończyny 63, 72, 74, 79, 196, 199, 226, 229–231, 234
- konfiskaty (sztuki padłe) 203, 214–215
- konserwanty 298, 301, 312, 384, 437
- konserwy 23, 25, 246–248, 254–255, 260, 291, 296, 312, 314, 344, 372–380, 383, 386, 389–390, 393–395, 399, 402–403, 406–407, 418
- konsument 21, 28, 34, 40, 42–43, 45, 48, 67–68, 70, 72, 75, 79, 86, 134, 141, 149, 161, 170, 174, 179–180, 191, 210, 213, 235, 239, 243, 245, 253, 258, 263–264, 275, 283, 290, 300, 303, 313, 378, 381, 384, 387, 397–399, 402, 404, 406–410, 414, 417, 419, 423, 428, 431, 442–443, 446–447, 455
- kontaktowa metoda mrożenia 136, 255, 271, 281, 336
- kontrakcja włókien 91–92, 129, 132, 135
- kości 54, 63–64, 74, 79, 86, 136, 137, 161, 199–200, 216–218, 220, 224, 226, 228–229, 231, 234, 235, 302, 322, 329, 334, 344, 345, 348, 360, 366, 378, 392, 423, 443
- kriogeniczne mrożenie 271, 273, 286–287
- kruchość mięsa 42, 70, 89, 103, 106, 109, 114, 124, 132, 134–138, 140, 144, 184, 188, 191, 194, 196, 214, 219, 231, 239, 241, 250,

- 252–254, 259, 272, 280, 296, 301, 314, 318, 330–332, 363, 378
- krzyżowe zakażenie 211–212, 223, 232–235, 268, 281, 433, 444–445, 449–450
- kuter 295, 324–326, 330, 342, 353–354, 360, 362, 372, 377, 383, 404
- kutrowanie 123, 296, 324–328, 334, 342, 348–349, 353–354, 357–360, 362–364, 372–373, 377, 383, 394
- kwas mlekowy 69, 76, 131–132, 136, 139–141, 160, 190, 234, 282, 297–298, 300, 302–303, 353, 432, 441, 447
- kwasy tłuszczowe 48, 61, 63, 65–66, 68, 75–76, 153, 155–163, 165–166, 170, 172–174, 179, 185, 190–191, 238, 254, 279–280, 294–295, 298, 339, 346, 381, 388, 398–399, 409
- „label rouge” 40, 57, 235
- LDL (low density lipoprotein) 77
- lecytyna 153–154, 387
- ligniny 256
- limit wartości krytycznej 412, 416, 425–426, 448, 451, 453
- linia Z 87–88, 104–105, 269–270, 276
- liofilizacja 255
- lipidy 59, 61, 64, 73, 76, 91, 96, 137, 147, 149–150, 152–155, 157–177, 180, 186, 190, 192, 238, 243, 249, 254, 277, 279, 286–287, 293, 295, 298, 300, 303, 312, 319, 325, 345–348, 439
- lizosomalne enzymy 112, 132, 145
- lizosomy 89, 94, 110–111, 124, 134–135, 145, 314
- lizozym 301, 305, 393
- MA (modified atmosphere) 283, 406
- Maillarda reakcja 170–171, 238, 253–255, 287
- Maillarda reakcje 170–171, 238, 253–255, 387
- makroelementy 64, 398
- masa ciała 37–42, 44–49, 53, 55, 57, 59, 61, 64–65, 73, 75–76, 80, 86, 149–150, 183, 211, 215, 230, 263, 441
- masowanie 119, 239, 295, 328, 330–332, 337–338, 348, 353–355, 365–367, 371–372, 374, 400, 402, 445
- MDOM (MOM) mięso drobiowe odkostnione mechanicznie 277–279, 295, 342, 344–348, 357, 362, 444
- melanina 236
- metabolizm 63–64, 86, 91–94, 100, 109–110, 131, 133, 139, 141, 274, 282
- metmioglobina 113, 292, 293
- mięśnie 37–38, 40–41, 43, 46–48, 55, 57, 59–61, 63, 72, 74, 76, 79–80, 82, 85–97, 99–113, 115–116, 118–124, 127, 129–147, 149–150, 152, 154–161, 163–164, 169–170, 174–175, 182, 185, 187–188, 196, 199–201, 210, 213–220, 223–224, 226–231, 235–237, 239–241, 244, 249–253, 259, 261, 264, 266, 269–271, 274, 275–276, 276, 279, 281, 282–283, 285, 287, 289, 291, 293–298, 302, 314–315, 327–332, 343–345, 349, 351, 353, 364–366, 368, 372, 374, 378, 385, 389, 400, 402, 436–437, 446
- mięśny typ 37, 46, 66
- mięso drobiowe 9–16, 18–23, 25–27, 31, 33–36, 58, 76, 114–116, 119–120, 132–133, 141, 145, 149, 153, 159, 166, 173–177, 179–189, 191, 211, 220, 223–227, 239, 241, 242–243, 245–246, 248, 250, 252–255, 259–260, 264, 266, 268, 277, 280–281, 283–287, 289–290, 293, 295–298, 302–303, 305, 312, 315, 317–319, 321, 344, 347, 349, 351, 374, 378, 381, 394, 399, 400, 402, 404, 406–408, 430, 432–433, 435–436, 439, 442–444, 447–448, 455, 457
- mieszalki, mieszkarki 295, 323, 327–328, 334, 353, 359, 404–405
- mieszance (międzyrodowe, międzyliniowe) 37–39, 42–48, 57–58, 72
- mieszance:  
– międzyrodowe 37–39, 42–43, 46, 57  
– międzyliniowe 37–39, 42–43, 47, 57
- mieszanie 119, 324–325, 327–328, 331, 359, 371, 380, 404–405
- mikroelementy 48, 52, 64–65, 75, 187
- mikrofale 281, 308–310, 317, 319, 398
- miofibryle 87–89, 99–106, 109, 111–112, 114–120, 122–125, 134–135, 219, 250, 252–253, 276–279, 290, 296, 301, 314, 327–328, 332, 337, 341, 343–344, 347–349, 384–385
- miofilamenty 87–89, 132, 138, 314
- mioglobina 91–94, 112–114, 144, 161, 163, 187, 236–237, 252–253, 275, 291–294, 296, 312, 314
- miopatia 62, 139, 142–145
- miozyna 88, 91, 92, 93, 99–105, 112, 115–120, 122–124, 133–134, 138, 145, 249–250, 252, 255, 276, 296, 341, 343–344, 347
- mitochondria 87, 89, 91–94, 109, 131, 155, 269, 275–276, 313
- mleczany 94, 110, 130–131, 145, 298, 305, 384
- modyfikowana atmosfera (MA) 113, 283–286, 300, 302–304, 307, 354, 392, 403, 406–408, 436

- monitoring 33–34, 260, 413, 425, 433, 438–440  
mrożenie 172, 221, 223, 235, 270–275, 277,  
279–280, 286, 313, 333, 338, 401, 404–407,  
417, 435  
MTS manotermosonifikacja 308, 315  
multikatalityczny kompleks (MPC) 135, 136  
n-3, n-6 kwasy tłuszczowe 75, 143, 173–174,  
176, 185, 190–191, 238, 279, 398  
nadziewanie 323, 333–334, 343, 348, 353, 357–  
359, 361, 364, 367, 369, 371, 388  
nadziewarki 323, 333–334, 374, 375  
nastrzyk 136, 239, 328–330, 332, 366, 372, 385,  
453  
nastrzykiwanie 239, 247, 295–296, 298, 329–  
330, 352–353, 361, 365–366, 372, 374, 384,  
400, 402, 450, 453  
natrysk wody 199, 206, 210–211, 213, 232–233,  
284, 336–338, 380, 446  
nerki 63, 184  
niekonwencjonalne metody 289, 307–308, 318–  
319  
nitrozoaminy 189, 291, 293, 304  
nizyna 300–301, 393, 441  
noga 224, 227–228, 230, 233, 328  
nutraceutyki 398  
obróbka cieplna 120, 136–137, 142, 186, 188–  
191, 210, 236, 238, 240, 245–246, 248, 252–  
254, 259–260, 281, 293, 296, 299, 305, 307,  
308, 311, 314, 317–318, 322, 328, 332–336,  
338–340, 343–344, 348, 351–352, 360, 364,  
367–372, 375, 379, 383, 386, 388, 397, 399–  
401, 404, 406–407, 417, 433, 435, 448, 450,  
455  
obróbka poubojowa 193–196, 203, 206, 210,  
212, 214–215, 221, 229–233, 236, 239, 241,  
265, 268, 446, 449  
ociekanie 209, 211–212, 264–265, 287, 444  
odbiór żywca 194, 196–197, 222, 453  
odchylenie jakościowe 137, 139, 147, 199, 214,  
237, 336, 371  
odpowietrzanie 266, 376, 379  
ogrzewanie 96, 108, 115–117, 119, 121–123,  
135, 147, 158, 160–164, 167, 170–171,  
184–185, 204, 238, 245–250, 252, 254, 256,  
259, 261, 292, 307–309, 314, 318, 336, 362,  
368, 376–377, 379–380, 382, 400–401, 436,  
454  
oksydacja 164, 167, 172, 186, 190, 236, 238,  
255, 258, 274, 279, 295–296, 312, 314, 316,  
325, 332, 346  
olej 61, 74, 96, 122, 143, 147, 160, 169–170,  
173–174, 185, 238–240, 247, 260, 298–299,  
305, 338–339, 383, 387, 398, 400, 408  
omowe ogrzewanie 308, 318  
oparzanie 202–206, 211, 219, 229–233, 236,  
338, 431, 434, 445, 449  
oparzeliny mrozowe 227, 273, 275, 282  
operacje jednostkowe 193, 195, 218, 321, 324,  
327, 334, 348, 412, 423  
oscylacyjne pola magnetyczne 316  
osłonki 122, 220–221, 266, 334, 343, 348, 352,  
358, 360–361, 363–368, 370–371, 378, 383,  
388–389, 391, 394, 450, 454  
oszałamianie 133, 137, 198–201, 203, 229–232,  
237, 241, 445  
owiewowe (wędzenie, schładzanie) 137, 212–  
213, 235, 257, 264, 269, 271, 284, 287, 334,  
435, 446  
pakowanie 165, 172, 211, 214, 219–220,  
223, 244, 248, 254–255, 266, 281–287, 302–  
303, 318, 339–340, 371–372, 389–395, 400,  
406–408, 417, 431, 433, 444, 450, 453–454  
panier 240, 336–338, 386, 404  
panierowanie 171, 176, 238, 240, 246–247, 283,  
336–338, 399, 401–403, 405, 407–408  
parowa metoda 256, 257  
paskalizacja 313, 318  
pasteryzacja 246–248, 254, 259, 308–310, 312,  
314–315, 335, 368, 371, 372, 376, 379, 394,  
406  
pasztet 168–169, 190, 225, 248, 327, 358, 360–  
361, 363, 372–375, 377–378, 380–383, 385,  
387–389, 393, 403, 418–419  
patroszenie 197, 206–211, 213, 222–223, 225,  
234, 263, 431, 435, 437, 444–445, 447, 449,  
451  
PEF (pulsed electric fields) pulsacyjne pola  
elektryczne 308, 316, 318–319  
peklosól 290–291, 295, 330, 357, 363, 377, 382  
peklowanie 165, 167, 256, 259–260, 289–297,  
300, 303, 305, 328–329, 348, 352–353, 358,  
360, 364–366, 372, 374, 376–377, 384, 394,  
401, 417, 444, 448, 450, 453  
pektyny 69, 382–383, 386  
pętla kontroli (jakości) 426–327, 429  
pH 65, 68–69, 87, 101, 109–112, 115, 116, 118–  
119, 122, 125–126, 131–132, 134–136, 138,  
140–141, 145, 160, 164, 186, 200, 231, 237,  
243, 252, 276, 282, 292–293, 296, 297, 302,  
341, 346, 347, 353, 364, 384, 385, 417, 425,  
432, 437

- pieczenie 185, 189, 238, 240, 246–247, 252–254, 259, 335, 353, 401, 403
- piers 41, 137, 150, 173, 180, 200, 216, 219, 224, 226–228, 230, 246, 259, 367
- pierze 38, 42–43, 45–46, 79–80, 82, 84–85, 96, 206–207, 215, 226, 434
- pióra 46–47, 49–50, 52, 56, 59, 63–65, 71, 74, 79, 82, 84, 85, 94, 203, 205–207, 226–229, 232–233, 448
- pirogonian 130–131
- piroliza 256–257, 259
- plan HACCP 412–413, 423, 426, 428–429, 446, 448, 451, 453
- plasterkowanie 121, 165, 336, 368, 371, 382, 384, 392, 433, 450, 453
- płatkowanie mięsa 324
- plazma 64, 99, 110, 116, 120, 317–318
- płuca 50, 208–209, 214–215, 223, 225, 362, 445
- podczerwień 237, 240, 328
- podrobowe wędliny 246, 326, 351, 352, 358, 360, 361, 363, 372, 444
- podroby 26, 158–159, 175, 185, 209, 215, 223, 225–226, 243, 326, 351, 352, 360, 400, 434, 449
- pojemniki transportowe 193–194, 198, 200, 374
- pojemnościowe ogrzewanie 308, 318
- połędwica 119, 348, 352, 358, 364, 389, 393
- połędwiczka 217, 224, 364, 365, 403
- pólgęski 259, 365, 403
- polisacharydy 69, 109, 120, 277, 300, 303, 386
- pompa 134, 203, 209, 269, 314, 323–324, 326, 330, 332, 333, 338, 341, 379
- Post mortem* 105–106, 129, 131–133, 136–138, 141, 219, 231, 239, 243, 290
- prebiotyki 69
- probiotyki 41, 68–69, 76, 191, 299–300, 303–304
- procedura 241, 346, 367, 383, 395, 412–413, 415, 420, 424–426, 428, 430, 445, 448–449, 453–454, 458
- producent mięsa drobiowego 10, 13, 19, 20, 22, 31, 32, 33–34, 149–150, 174, 179, 211, 227, 268, 378, 419, 455
- profilaktyka 45, 55–57, 190, 192, 398, 407, 412, 426
- prokolagen 107, 252
- promieniowanie X, Y 310–311, 328
- proteinazy 110–111, 124–125, 134–135, 145, 160, 301
- przechowywanie 61, 67, 106, 114, 119, 124, 133, 136–138, 158–162, 164–172, 175–176, 219, 227, 230, 234–235, 237, 244, 247–248, 254–255, 260, 263–264, 266–271, 274–277, 279–283, 285–287, 296, 298, 299, 302–303, 305, 309–310, 312, 315, 346, 348, 365, 368, 371, 377, 398–404, 406–407, 416–417, 419, 425, 428, 431–438, 441, 444, 455
- przeciwutleniacze 65, 70, 164, 166–170, 172, 175, 297–299, 303, 305, 371, 377, 383–384
- przemysł drobiarski 23–25, 34, 134, 137, 140–141, 176, 193, 214, 218–219, 248, 257, 259, 265–266, 271, 282–283, 295–296, 302–303, 309, 399, 403, 409, 413, 423, 446, 457
- przemysł spożywczy 28, 36, 273, 300, 303, 397, 458
- PSE (pale soft exudative) mięso jasne miękkie wodniste 91, 95–96, 113, 132, 138–142, 145–148, 196, 237, 239, 242, 243, 366, 371, 394
- Pseudomonas* 232, 267–268, 282, 289, 302, 431–432, 436–437
- puszki 327, 372–380, 383, 389, 418–419
- rad apertyzacja 310–312
- radiacja 307–319
- radiowe fale 317–318
- regulatory kwasowości 294, 297
- rentowność sprzedaży brutto 23, 24
- reologia 115, 146, 239, 340–343, 348
- retencja wody 117, 212–213, 264–265, 287
- rigor mortis* 101, 132–133, 136–138, 219, 231, 239, 273
- rodniki 160–161, 164, 167–168, 171, 188, 280, 293, 312, 317
- rody 37–38, 40, 42–44, 46–48, 149
- rostery 203, 238
- rotoklaw 379–380
- rozbiór tuszek:  
– ręczny 209, 216–218, 446  
– mechaniczny 197, 214, 216–218, 446
- rozdrabnianie mięsa 138, 161, 163, 165, 167, 239, 294, 309, 321–322, 348, 357, 359, 372
- rozładunek drobiu 194, 196, 229–230
- rozmaryn 169, 190, 299, 387
- rozmrzanie 240, 264, 266, 270–272, 275–276, 280–281, 287, 308–310, 315, 317–318, 333, 372–374
- rozporządzenia unijne 33, 35, 221–222, 225, 286, 349, 410, 431, 441, 442
- rynek drobiu 9–11, 15–16, 19–20, 22, 26, 29, 30, 33–36, 400
- rzepak 61, 66, 73



- rzeźnia drobiu 31, 149, 194, 196, 430, 434–435, 443–448, 451, 455
- salceson 358, 360, 363, 385
- Salmonella* 56, 232, 244, 267, 282, 286, 289, 301–302, 310, 312–313, 319, 353, 378, 418, 431–433, 446–448, 450, 455–457
- samowystarczalność żywnościowa 10, 19
- sarkolemma 87, 106, 135
- sarkolemma 87, 106, 135
- sarkomer 87, 103–106, 117, 124–125, 133–135, 145, 239, 250, 252, 269
- sarkoplazma 87–89, 93–94, 99, 109–110, 112, 116, 118, 120, 122, 124, 133–134, 141, 160, 250, 252–253
- schładzanie (immersja) 132, 203, 210–215, 217, 222, 232
- sensoryka (analiza, cechy sensoryczne) 42, 321–349
- serce 74, 79, 86, 150, 159, 179, 190, 198, 199, 200, 209, 215, 219, 223, 225–226, 362, 418, 434
- siarki związki 238, 254, 295
- skład chemiczny mięsa 42, 147, 176, 180, 192, 243, 246–247, 260, 263, 345, 351, 400
- skóra 25, 41, 50, 55, 62–64, 66–67, 72, 80–85, 94, 107, 109, 136, 149–150, 153–156, 158, 163, 168, 173–175, 180–182, 185, 187, 190, 201, 203, 208, 210–218, 223–224, 227–230, 232–236, 248, 258–259, 264, 272, 282, 322–323, 326, 338, 345–346, 351, 353, 357, 359–360, 362–363, 365, 375, 377, 381–383, 388, 400, 405, 431–432, 434, 437, 440, 445–446, 448–449
- skubanie 46, 203–207, 223, 226–229, 232–234, 431, 434, 445, 449
- skubarki 205–206, 229, 233, 445, 449
- skurcz chłodniczy (cold shortening) 132, 147, 219, 269, 286
- skurcz poubojowy 132
- smak 23, 46, 48, 61, 70, 72, 75, 80, 115–116, 132, 147, 159, 161–169, 171, 175–176, 189, 191, 223, 227, 237–241, 243, 245–247, 253–259, 274, 277, 280, 282, 290–291, 294, 296–297, 302–303, 312–313, 343, 346, 377–378, 381–385, 367, 398, 402–407, 419
- smażenie 159, 170, 176, 186, 189, 238, 246, 252–254, 259, 338–339, 401, 406, 408
- soczystość 42, 70, 89, 115–116, 135, 137–138, 188, 231, 239, 246–248, 252, 255, 259, 274, 296, 343, 363, 368, 378, 404
- sól 64, 76, 99, 108–109, 116–118, 120, 122–124, 136, 165–166, 168, 188–190, 198, 220, 256, 272, 289–292, 295, 297–298, 304–305, 313, 328, 330, 332, 343–344, 358, 360, 363, 375, 377–378, 383–388, 393, 398, 399, 403, 418
- solanki 136, 239, 281, 290, 295–296, 327–332, 336–337, 359, 361, 363, 371, 374–375, 384–387, 400, 402, 450, 453
- spektrofotometri 236, 328
- spektroskopia 236, 328
- sterylizacja 184, 246–248, 254, 259, 308–311, 315, 317, 372–373, 375–380, 389, 394, 406
- stłuczenia 227, 230, 233, 434
- stres 49, 53–54, 63, 70, 75, 95, 129, 133, 138–143, 145–147, 161, 179–180, 194, 196, 199, 231, 241, 407, 445
- strukturowanie (wyroby restrukturowane) 321–349, 351–395
- struś 18, 35, 80, 95, 112–113, 180–182, 185, 192
- suszenie 54, 207, 227, 245, 255–256, 259–260, 308, 335, 357–359, 406, 437
- System ISO 9001 429, 458
- szynka drobiowa 119, 190, 291, 298, 352, 348, 364, 369, 372, 374, 393, 399, 443
- ściółka 47, 49–50, 52, 54–57, 74–75, 228, 430
- środek kontrolny 31, 413, 423
- środowisko 46, 48, 50, 53, 54, 56, 65, 68, 74, 76, 80, 93, 113, 119, 131, 141, 149, 155, 164, 172, 184, 186, 188–189, 232, 237, 252, 266, 275–276, 282, 284, 289–290, 292–294, 296–297, 301, 335, 393, 399, 413, 415, 430, 431, 433, 435, 437, 438, 439, 440, 442, 443, 446, 455, 457–458
- tekstura 96, 109, 114, 119, 121, 124, 137, 147, 162, 190, 239–241, 246, 254, 257, 290, 303, 315, 325, 338, 343, 381, 382–384, 386
- tenderyzacja 239, 330, 332
- termogram 119, 250–252, 454
- termokurczliwe osłonki 275, 352
- titina 103–106, 111, 124–127, 134–135, 146
- tkanka:
- chrzęstna 62
  - kolagenowa 63
  - kostna 64, 346, 439
  - krwiotwórcza 439
  - łączna 80, 82, 89, 99, 106–107, 109, 116, 119, 124, 135–136, 182, 250, 252, 278–279, 282, 291, 301, 322, 331, 334, 345–346, 360, 402

- mięśniowa 61, 72, 86, 99, 110–112, 115, 129, 131, 134–136, 145, 163, 226, 237, 249, 251, 269, 272, 274, 276, 280, 287, 301, 314, 324, 332, 340–341, 342–344
- tłuszczowa 61, 72–73, 82, 149–150, 172, 182, 187, 226, 260, 279, 439–440
- tlenek azotu 167, 290–295, 297
- tłuszcz 41–42, 48, 55, 60–61, 63–67, 70–74, 82, 85, 89–90, 92–93, 99, 115, 121–124, 138, 142, 149–153, 155, 157–161, 163, 168–170, 172–176, 179–186, 188–191, 203, 207–208, 215–216, 224–226, 228, 230, 233, 238, 240, 246–247, 249, 251, 253–255, 258–259, 263, 275, 279–280, 289–290, 294–295, 297, 300–302, 305, 316, 324–325, 327–328, 338, 340–347, 351, 354, 358, 362–363, 375, 377–378, 380–383, 385–386, 394, 399, 402–404, 407, 418, 436, 439–440
- tokoferol 61, 96, 147, 169–170, 174–176, 186, 238, 299, 303, 305, 408
- toniczne włókna 91, 92
- TPA (texture profile analysis) analiza profilu tekstury 239, 260
- transglutaminaza 304
- triacyloglicerole 153–156, 163, 172, 174, 381
- tropokolagen 107–108
- tropomiozyna 87, 101–102, 104, 118, 124, 133–134, 250, 252
- troponiny 87, 101, 102, 104, 111–112, 124, 133–134, 250
- trwałość:
  - drobiu 227, 235, 266, 279, 281, 282–283, 285, 298, 302–304, 311, 315, 408
  - mięsa 124, 188, 227, 256, 260, 263, 268, 272, 274, 282–284, 286, 298, 303, 311, 313–315, 407–408
  - produktów 169, 171, 211, 255, 257, 283, 285, 298–299, 302–303, 318, 365, 369–370, 379, 393, 404, 406, 408, 417
  - tuszek 232, 234, 266–268, 287, 297–299, 302, 305, 312, 431
  - wędzonek 365, 368
- TTT (Time Tolerance Temperature) system monitorowania warunków chłodniczych 283
- tunel zamrażalniczy 220–221, 266, 272, 404
- tuszk drobiowa 42, 150–152, 174, 211, 223, 225–227, 263, 265, 267–268, 272, 274, 282–283, 285, 287, 297, 299, 351, 406, 431, 435–437
- ubój 13, 22–23, 40–41, 43, 45–46, 101, 106, 112, 124, 129, 131–138, 140–141, 145, 149–150, 160–161, 177, 189, 193–194, 196, 198–203, 206–210, 213, 215–216, 221–223, 225, 229–234, 236, 241, 263, 265, 268–269, 272, 284, 297, 366, 434, 439, 442–445, 448, 455–458
- udo 40–41, 150, 154, 181, 186–187, 201, 216, 218, 224, 246, 259, 366, 400
- UHP (Ultra High Pressure) ciśnieniowanie 306, 313–315
- UHT (Ultra High Temperature) 254
- ultradźwięki 214, 308, 315, 318, 445
- ultrastruktura 95
- umowa kontraktacyjna 194, 196
- ususzka 212–213, 273–274, 284
- utlenianie 61, 63, 65, 70, 100, 112–113, 131, 153, 157–172, 175–176, 186, 188–189, 253–254, 275, 279–280, 282, 286, 292, 294–295, 298–299, 303, 346, 404
- utrwalanie mięsa 245, 255, 259–260, 263, 270, 284, 289, 303, 307, 316, 318–319
- UV promieniowanie 316, 389, 392, 407
- wady mięsa 91, 139–140, 142, 146, 225, 227, 229, 230–231, 233–235, 237, 241, 275, 309
- walidacja 413, 425–426
- wartość odżywcza mięsa 48, 72, 162, 179–180, 190–191, 254–255, 259
- wartość pasteryzacyjna 368, 376
- wartości:
  - docelowe 425,
  - interwencyjne 425
  - krytyczne 413, 425–426, 429
  - zadane 413
- wędliny 23, 25, 42–43, 75, 96, 118, 121–123, 146–148, 180, 192, 241, 244, 246, 259, 283, 285–287, 290–291, 295, 297, 304–305, 313, 315, 318, 324–326, 328, 334–336, 340–345, 347–349, 351–361, 363–364, 382–385, 387, 392–395, 408, 433, 444, 456
- wędzenie 189, 256–259, 334–335, 348, 353, 358, 365, 367–368, 389, 417
- węglowodany 48, 63–64, 66, 69, 139, 182, 338, 352–353, 375, 381, 382, 388, 399, 418
- weryfikacja 413, 415–416, 426, 429, 448, 451, 453
- WHC (water holding capacity) zdolność utrzymania wody wodochłonność mięsa 115–116, 124, 132, 137–138, 140–141, 272, 277, 303, 347, 375
- wiązanie białek 87, 105–106
- wilgotność 52–54, 137, 204–205, 212, 229, 234–235, 241, 257–258, 281, 302, 335, 338, 371, 374, 392, 419, 425, 430, 435, 441

- wilk (rozdrabniacz) 321–324, 326, 334, 344, 348, 354, 360, 374, 404–405
- witamina 41, 48, 56, 60–63, 66–68, 70–71, 74–75, 141, 161, 170–172, 176, 179, 185–186, 190–191, 238, 254, 258, 260, 280, 298–300, 303, 313, 398–399, 418
- włókna mięśniowe 38, 82, 86–92, 94–95, 97, 99, 101, 103, 106, 112, 123–124, 129, 131–133, 135, 138, 142–145, 252, 269, 275–277, 343
- wodochłonność (WHC) 49, 114–116, 122, 124, 132, 137–138, 140–142, 249, 253, 272, 277, 303, 364, 384–385
- WOF (Warmed Over Flavour) 162–169, 171, 175, 177, 238, 240, 296, 3464
- wolne włókna 87, 92
- wybroczyny 199–201, 223, 229–230, 237, 374
- wyciek 116–117, 121, 137, 140, 142, 201, 211, 213, 220, 246, 252–254, 259, 264–266, 271, 273–274, 277, 280, 282, 290, 296, 297, 309, 336, 342, 363, 368, 370–371, 404
- wydajność 55, 57, 64, 149–150, 183–184, 193–194, 196–197, 199, 207, 211, 213–220, 242, 264, 290, 297, 303, 321, 323, 330, 336, 343, 345, 347–348, 352–353, 357, 359–360, 362, 364–366, 368, 377–378, 381–382, 393–394
- zagrożenie zdrowotne 58, 61, 67, 75, 258, 267, 413, 415, 431, 433, 437–438, 440–443, 447, 456
- załadunek drobiu 141, 193–194, 196, 230, 434
- zapisy 214, 218, 379, 416, 420, 425, 426, 428–430, 448, 214, 218, 379, 416, 420, 425–426, 428–430, 448, 451–454
- zarządzanie jakością żywności 10, 189
- żel 115, 117–124, 127, 132, 250, 252–254, 277, 285, 314, 332, 338, 343–344, 360–361, 382–383, 386
- żelazo 52, 62, 64–65, 112–114, 160–161, 163–164, 166–167, 187, 292, 295–296, 303, 314, 346
- żeńskie rody 37–39, 44
- zimna sterylizacja 311–312
- złamania kości 199, 229
- żołądek 69, 71, 72, 86, 150, 159, 208–209, 215, 217, 223, 225–226, 383, 434–436, 441
- żółciowy woreczek 209, 226, 234
- zużycie krajowe mięsa drobiowego 22, 36, 47–48, 400
- żywienie drobiu 25, 34, 38, 41, 45, 48, 59, 65–76, 89, 114, 143–144, 149, 155, 158–159, 162, 172–175, 179–180, 182–185, 189–192, 215, 229–230, 235–236, 238, 254, 270, 279, 300, 304–305, 345, 381, 383, 398, 399, 402–403, 407, 409–413, 428, 441, 455, 457, 458
- żywność:
- funkcjonalna 23, 72, 102, 114–115, 121, 125, 133, 175, 179, 185, 189–190, 231, 272, 287, 289, 301, 305, 395, 398, 400, 408
  - prozdrowotna 25, 45, 179, 290, 398, 407–408
  - wygodna 162, 220–221, 274, 309, 348, 397–401, 403–404, 406–408