

Agnieszka Orkusz

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: agnieszka.orkusz@ue.wroc.pl

**CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE JAKOŚĆ
MIĘSA DROBIU GRZEBIĄCEGO.
PRACA PRZEGLĄDOWA**

**FACTORS AFFECTING THE QUALITY
OF GALLINACEOUS POULTRY MEAT.
A REVIEW**

DOI: 10.15611/nit.2015.1.05

Streszczenie: W ostatnich latach obserwuje się tendencje do zmiany w sposobie odżywiania się ludności. Konsumenci w trosce o racjonalne i zdrowe odżywianie poszukują mięsa o wysokiej wartości odżywczej. Mięso drobiu jest istotnym źródłem energii i składników odżywczych, zapewniającym wysoką zawartość białka, kwasów tłuszczowych, witamin i składników mineralnych. Jakość mięsa zależy od wielu czynników: bezpieczeństwa zdrowotnego, wartości odżywczej, właściwości funkcjonalnych i jego cech sensorycznych. Dynamiczny rozwój handlu, sieci dystrybucyjnej, wzrastający popyt na mięso drobiu sprzedawane w postaci chłodzonej (a nie w stanie zamrożonym), w postaci elementów kulinarnych (np.: noga, pierś ze skórą i kością, filet z piersi ze skórą lub bez niej), jak i wyrobów gotowych skłania do poszukiwania metod poprawy jego jakości. Na podstawie przeglądu literatury omówiono czynniki kształtujące jakość mięsa drobiu grzebiącego.

Słowa kluczowe: drób, bezpieczeństwo zdrowotne, wartość odżywcza, cechy sensoryczne.

Summary: Recent years have witnessed a tendency to changes in people's dietary habits. Consumers concerned about rational and healthy eating search high nutritional value meat. Poultry meat is an important source of dietary energy and nutrients, providing high quality protein, essential fatty acids, vitamins and minerals. The meat quality is determined by many factors: health safety, nutritional value, functional and sensory properties. Dynamic development of trade, distribution network, rising demand for poultry meat sold in a refrigerated form (and not frozen), as cuts (such as leg, breast with skin and bone, breast fillet with skin or skinless) as well as in the form of ready-to use goods inspires a search for methods to improve its quality. In this paper based on literature overview factors affecting the quality of gallinaceous poultry meat were reported.

Keywords: poultry, health safety, nutritional value, sensory properties.

1. Wstęp

Popyt na mięso drobiu grzebiącego (kury i indyki) nieustannie wzrasta. Tendencja rozwojowa produkcji i spożycia mięsa drobiu grzebiącego ma dwie przyczyny. Pierwsza ma aspekt finansowy, ponieważ jest ono tańsze i w mniejszym stopniu obciąża budżet domowy konsumenta. Druga przyczyna ma aspekt żywieniowo-zdrowotny. Mięso to charakteryzuje się dużą wartością odżywczą, dietetyczną, kulinarną, technologiczną oraz wysokimi walorami sensorycznymi.

Coraz częściej konsumenci kupują wyroby wygodne, które nie wymagają pracochłonnych czynności przed ich obróbką kulinarną. Dlatego też dużą popularność na rynku zdobyły elementy kulinarne z mięsa surowego (bez skóry i kości), sprzedawane w postaci filetów z piersi lub ud. Odkostnione i pozbawione skóry porcje łatwo ulegają zakażeniom mikrobiologicznym, gdyż odsłonięte, wilgotne powierzchnie, zawierające składniki odżywcze, przyczyniają się do bardzo szybkiego wzrostu mikroorganizmów. Oprócz niekorzystnych zmian spowodowanych przez drobnoustroje, następuje utlenianie barwników hemowych i lipidów, wysychanie powierzchni w wyniku odparowania wody, zmniejszenie wodochłonności tkanki mięśniowej i wzrost wycieku soku mięsnego, co prowadzi do pogorszenia wartości odżywczej oraz walorów sensorycznych, zmniejszając tym samym atrakcyjność wyrobu. Z tego powodu naukowcy i praktycy podejmują wysiłki w celu poprawy jakości mięsa przez ograniczenie lub wyeliminowanie wyżej wspomnianych zmian.

Na jakość mięsa składają się bezpieczeństwo zdrowotne, wartość odżywcza, właściwości funkcjonalne oraz cechy sensoryczne.

Celem pracy była prezentacja stanu wiedzy na temat czynników kształtujących jakość mięsa drobiu grzebiącego.

2. Bezpieczeństwo zdrowotne

Bezpieczeństwo zdrowotne mięsa drobiowego skupia się przede wszystkim na mikroorganizmach patogennych. Ryzyko zatrucia pokarmowego związanego z konsumpcją produktów żywnościowych zależy od rodzaju i liczby mikroorganizmów chorobotwórczych, ilości produkowanych przez nie toksyn oraz podatności organizmu ludzkiego na zatrucia [Mead, Hinton (red.) 1996].

Dane epidemiologiczne wskazują, że drób jest często skażony następującymi patogenami: *Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringes*, *Shigella* i innymi [Jay 1992; Wojtoń 1997; Krala 1999]. Ubój drobiu, prowadzony według zasad dobrej praktyki technologicznej, z zachowaniem wymogów higieniczno-sanitarnych, chroni przed zwiększeniem stopnia zanieczyszczenia drobiu mikroflorą patogenną w trakcie poszczególnych jego etapów. Ocena mikrobiologiczna mięsa drobiowego powinna polegać przede wszystkim na ustaleniu, czy nie zawiera ono mikroorganizmów

chorobotwórczych mogących powodować zatrucie konsumenta oraz na ustaleniu ilości bakterii odpowiedzialnych za psucie się mięsa.

Dominującą grupą mikroorganizmów związaną z psuciem się chłodzonego mięsa są bakterie z rodzaju *Pseudomonas*, *Lactobacillus* i rodziny *Enterobacteriaceae*, dlatego też mogą być one dobrym wskaźnikiem stanu mikrobiologicznego mięsa drobiowego, ułatwiającym prognozowanie jego okresu trwałości [Zaleski 1985; Borch, Kant-Muermans, Blixt 1996; Krala 1999; Pikul 2000; Gram i in. 2002; Coles, McDowell 2003; Mead 2005].

Mięso drobiowe przechowywane w warunkach tlenowych jest zanieczyszczone głównie bakteriami z rodzaju *Pseudomonas*, którym towarzyszą *Acinetobacter*, *Moraxella* oraz *Alteromonas putrefaciens* [Krala 1999; Pikul 2000]. Bakterie z rodziny *Pseudomonas* mnożą się szybciej niż inne aeroby, takie jak: *Bronchothrix thermosphacta* i *Enterobacteriaceae* [Dainty, Garcia de Fernando (red.) 1997].

W mięsie przechowywanym w opakowaniu próżniowym lub w atmosferze zawierającej CO₂, gram ujemne psychrotrofy tlenowe, do których zalicza się bakterie z rodzaju *Pseudomonas*, są w istotny sposób ograniczane przez zawartość CO₂ [Silliker, Wolf 1980; Thomas i in. 1984; Pikul 2000; 2001; Coles, McDowell (red.) 2003; Dhananjayan i in. 2006]. W przeciwieństwie do bakterii z rodziny *Pseudomonas*, bakterie kwasu mlekowego są odporne na działanie CO₂ i zastępują tlenowe bakterie powodujące psucie mięsa [Renner 1988; Kołożyn-Krajewska 1995; Pikul 2000; 2001; Pexara, Metaxopoulos, Drosinos 2002], stając się dominującymi drobnoustrojami podczas przechowywania mięsa drobiu w modyfikowanej atmosferze [Baker, Qureshi, Hotchkiss 1986; Pikul 2002]. Powodują one m.in. zmiany barwy i smaku, tworzenie śluzu oraz obniżanie wartości pH przechowywanego mięsa [Borch, Kant-Muermans, Blixt 1996]. Jakościowe i ilościowe różnice w zawartości mikroorganizmów na powierzchni ćwiartek z kurcząt (nogi i piersi) przechowywanych w warunkach tlenowych oraz w modyfikowanej atmosferze (80% CO₂, 20% powietrze) zaobserwowali Hotchkiss i in. [Hotchkiss, Baker, Qureshi 1985]. Przed zapakowaniem tych produktów flora bakteryjna składała się z: *Staphylococcus spp.* (29%), *Pseudomonas* (71%) i *Lactobacillus spp.* (0%). Po przechowywaniu prób w modyfikowanej atmosferze (MA) przez 35 dni (temp. 2°C) skład flory bakteryjnej był następujący: *Pseudomonas* (1%) i *Lactobacillus spp.* (99%). Nie stwierdzono obecności bakterii z rodziny *Staphylococcus spp.* W próbach przechowywanych w powietrzu przez 35 dni (temp. 2°C) skład mikroflory był następujący: *Staphylococcus spp.* (11%), *Pseudomonas* (89%) i *Lactobacillus spp.* (0%). Różnice w składzie bakterii tłumaczy się różnymi wymaganiami tlenowymi i wrażliwością na CO₂.

Czas do momentu wystąpienia oznak zepsucia chłodzonego mięsa drobiowego zależy od wielu czynników, m.in.: sposobu obróbki poubojowej ptaków, rodzaju i stopnia początkowego skażenia mikrobiologicznego, temperatury przechowywania, kwasowości środowiska, sposobu pakowania i warunków przechowywania [Krala 1999]. Czynniki krytycznymi, wpływającymi na okres przechowywania większości produktów mięsnych bez modyfikowanej atmosfery (MA) i z jej użyciem, są warunki

sanitarne w ubojni drobiu i temperatura chłodniczego przechowywania [Brody 2002; Kreyenschmidt, Lohmeyer, Stahl 2002].

Ponieważ polskie normy nie określają wartości granicznej ogólnej liczby drobnoustrojów w 1 g chłodzonego mięsa, przyjmuje się normy amerykańskie, które za kryterium trwałości mięsa chłodzonego podają ogólną liczbę bakterii na poziomie 5×10^5 jtk/g [Shapton, Shapton 1993; Kołożyn-Kajewska 1995; Kosek i in. 1998].

3. Wartość odżywcza

Wartość odżywcza mięsa oceniana jest m.in. pod kątem zawartości białka i jego składu aminokwasowego, zawartości tłuszczu i rodzaju kwasów tłuszczowych, zawartości cholesterolu oraz strawności.

Wysoka zawartość białka, w skład którego wchodzi wszystkie egzogenne aminokwasy, niski udział lipidów, w których nienasycone kwasy tłuszczowe stanowią ponad 60% ogólnej zawartości, mała wartość energii (od 450 do 640 kJ /100g mięsa), niska zawartość cholesterolu oraz kolagenu sprawiają, że mięso drobiu grzebiącego (dotyczy to mięśni bez skóry) wykazuje wysoką wartość odżywczą i dietetyczną (tab. 1, 2, 3). Charakteryzuje się ono również wysoką strawnością, wynoszącą ponad 94%.

Porównując skład chemiczny mięsa indyków i kurcząt, obserwuje się znaczne podobieństwo (tab. 1, 2, 3).

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny oraz zawartość kolagenu w mięśniach indyków i kurcząt
Table 1. Basic chemical composition and collagen content of turkey and chicken muscles

Parametr	INDYKI*/	TURKEY*	KURCZĘTA /	CHICKEN
Parameter	mięśnie piersiowe breast muscles	mięśnie udowe thigh muscles	mięśnie piersiowe breast muscles	mięśnie udowe thigh muscles
Białko (%) / Protein (%)	23,41	20,89	24,0 ^c	20,10 ^c
Lipidy (%) / Lipids (%)	1,52	2,06	0,60 ^c	3,90 ^c
Woda (%) / Moisture (%)	73,60	75,62	75,0 ^c	75,0 ^c
Cholesterol (mg/100 g) / Cholesterol (mg/100 g)	58,06	64,01	47-83 ^a ; 50-60 ^b	72-83 ^a
Kolagen (%) / Collagen (%)	1,78÷2,22 ^e 0,80÷1,90 ^f	3,82÷5,01 ^e 1,7÷3,6 ^f	2,5÷4,0 ^d	6,5÷8,5 ^d

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych niepublikowanych autorki oraz [Pikul 1996; Panasik, Świdarska 1996; Ristic i in. 2006; Pikul (red.) 1993; Bojarska, Batura 1999; Słowiński, Mroczek 1981].

Source: the author's own study based on [Pikul 1996; Panasik, Świdarska 1996; Ristic i in. 2006; Pikul (red.) 1993; Bojarska, Batura 1999; Słowiński, Mroczek 1981].

Tabela 2. Zawartość aminokwasów w mięśniach indyków i kurcząt**Table 2.** Amino acids composition of turkey and chicken muscles

Aminokwas / Amino acid	Zawartość aminokwasów [g/16 g N] Amino acids content [g/16 g N]			
	INDYKI* /	TURKEY*	KURCZĘTA** /	CHICKEN**
	mięśnie piersiowe breast muscles	mięśnie udowe thigh muscles	Mięśnie piersiowe breast muscles	mięśnie udowe thigh muscles
Cystyna i cysteina / Cystine and cysteine	1,10	1,47	1,15	1,53
Kwas glutaminowy / Glutamic acid	18,76	19,01	19,09	19,34
Kwas asparaginowy/ Aspartic acid	3,21	4,70	3,11	5,70
Glicyna / Glycine	5,29	5,47	5,55	5,95
Seryna / Serine	4,69	5,19	4,79	5,26
Alanina / Alanine	5,23	4,95	5,58	5,06
Walina / Valine	5,37	5,29	5,51	4,96
Leucyna + izoleucyna / Leucine + Isoleucine	14,32	13,23	14,61	12,59
Metionina / Methionine	2,31	2,08	2,09	2,28
Fenylalanina / Phenylalanine	3,27	3,55	3,33	4,30
Treonina / Threonine	4,01	4,33	4,04	4,25
Prolina + hydroksyprolina / Proline + Hydroxyproline	4,69	4,41	4,97	4,75
Histydyna / Histidine	4,80	3,87	4,71	2,78
Arginina / Arginine	5,27	5,82	3,02	4,96
Tyrozyna / Tyrosine	4,57	4,22	6,52	5,60
Tryptofan / Tryptophan	0,97	0,92	0,88	0,84
Lizyna ogólna + Lizyna przyswajalna General lysine + available lysine	15,95	12,31	16,37	11,45

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych niepublikowanych autorki oraz [Skrabka-Błotnicka 1973].

Source: the author's own study based on [Skrabka-Błotnicka 1973].

Tabela 3. Skład lipidów w mięśniach indyków i kurcząt
Table 3. Lipids composition in turkey and chicken muscles

Kwasy tłuszczowe / Fatty acids (%)	INDYKI /	TURKEY	KURCZĘTA /	CHICKEN
	mięśnie piersiowe breast muscles	mięśnie udowe thigh muscles	mięśnie piersiowe breast muscles	mięśnie udowe thigh muscles
Nasycone / Saturated	31,10	30,55	29,90; 33,70; 35,240,79;	31,80
Jednonienasycone / Monounsaturated	34,35	32,65	34,31; 36,4; 44,70; 46,0;	38,8; 42,24
Wielonienasycone / Polyunsaturated	28,15	30,90	20,22; 21,0; 28,4	24,40; 29,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Jahan, Paterson, Spickett 2004; Rhee, Anderson, Sams 1996; Stadelman i in. 1988; Lesiów, Xiong 2004; Alasnier i in. 2000].

Source: the author's own study based on [Jahan, Paterson, Spickett 2004; Rhee, Anderson, Sams 1996; Stadelman i in. 1988; Lesiów, Xiong 2004; Alasnier i in. 2000].

4. Właściwości funkcjonalne

Podstawowe znaczenie w kształtowaniu funkcjonalnych cech mięsa i przetworów przypisuje się białkom mięśniowym, głównie białkom miofibrylarnym. Od ilości białek miofibrylarnych i ich stanu fizykochemicznego zależą m.in.: właściwości żelujące, emulgujące, rozpuszczalność, wodochłonność mięsa [Tyszkiewicz 1991; Wołoszyn 2002].

Znajomość właściwości żelujących i emulgujących białek mięśniowych jest bardzo ważna w technologii produktów teksturowanych oraz drobno rozdrobnionych i homogenizowanych. Żelowanie białek zapewnia wiązanie się ze sobą poszczególnych kawałków mięsa, fizyczną i chemiczną stabilność wody i tłuszczu w rozdrobnionych farszach oraz pożądane właściwości reologiczne przetworu [Bandman 1999; Ishioroshi, Kitagawa, Samejima 1999]. Właściwości emulgujące pozwalają na ocenę przydatności mięsa do tworzenia stabilnych farszów rozdrobnionych.

Bardzo ważną cechą białek mięśniowych, a szczególnie białek miofibrylarnych rozpuszczalnych w roztworach soli, jest ich rozpuszczalność, ponieważ od niej zależy otrzymanie dobrze związanych restrukturyzowanych i rozdrobnionych produktów mięsnych.

Gdy mięso drobiowe przeznaczone jest do bezpośredniej obróbki kulinarnej, szczególną uwagę zwraca się na wodochłonność mięsa, ponieważ wywiera ona bezpośredni lub pośredni wpływ na trwałość, barwę oraz teksturę mięsa [Honikel 1987; 2002; Pikul i in. 1988; Olszewski 1999; Lesiów 2001]. Mięso o wysokiej wodochłonności traci mniej soku mięsnego podczas gotowania i pieczenia, w związku z czym, poza wyższą wydajnością, zachowuje lepszą soczystość. Ma to niewątpliwie wpływ na ocenę jego smakowitości, która jest dla konsumenta jedną z najistotniejszych cech mięsa

poddanego obróbce cieplnej. Wodochłonność decyduje o ubytkach lub przyrostach masy podczas przetwarzania i przechowywania mięsa [Asghar, Samejima, Yasui 1985].

Wodochłonność mięsa jest rozumiana jako zdolność do utrzymywania wody własnej lub dodanej w trakcie procesu produkcyjnego, mimo działania sił zewnętrznych, takich jak: ciśnienie, siła grawitacyjna, odśrodkowa i kapilarna [Honikel 1987]. Za wodochłonność tkanki mięśniowej odpowiedzialne są głównie miozyna, aktyna i w pewnym stopniu tropomiozyna. Zdolność wiązania wody przez poszczególne grupy funkcyjne białek, mających charakter wysokocząsteczkowych koloidów hydrofilnych, jest następująca: $-\text{COO}^- < -\text{NH}_3^+ < -\text{NH}_2 < -\text{COOH}$ [Asghar, Samejima, Yasui 1985].

Na wodochłonność mięsa ma wpływ m.in.: typ mięśnia, gatunek, wiek i płeć zwierzęcia, przebieg zmian pośmiertnych, odległości pomiędzy grubymi i cienkimi filamentami, obróbka termiczna mięsa, pH środowiska [Makala 1999].

Wodochłonność mięsa jest najniższa w punkcie izoelektrycznym białek mięśniowych (pH w przedziale 5.1-5.3). W miarę oddalania się pH od punktu izoelektrycznego, rośnie wodochłonność białek mięśniowych, co prowadzi do wzrostu wycieku cieplnego oraz wycieku swobodnego. Z kolei większy wyciek soku mięsnego w opakowaniu zwiększa skażenie mikrobiologiczne, gdyż bakterie mogą rozwijać się lepiej w takim środowisku niż na powierzchni mięsa [Krala 1999; Anonim 1999]. Większy wyciek to również większa podatność na wysychanie [Krala, Kułagowska 2005].

5. Cechy sensoryczne

Do cech sensorycznych, określających jakość mięsa należą:

- wygląd zewnętrzny: barwa mięśni, tłuszczu i skóry, otluszczenie, sińce, wylewy krwawe,
- tekstura,
- soczystość,
- smakowitość.

Dla konsumenta istotnymi wyróżnikami jakości surowego mięsa są: wygląd zewnętrzny, zapach i straty podczas obróbki termicznej, natomiast dla przetworów – tekstura, soczystość, smakowitość i barwa.

Najbardziej krytycznym wyróżnikiem jakości mięsa surowego jest wygląd zewnętrzny, ponieważ konsumenci często kupują mięso, kierując się tym kryterium. Główną składową wyglądu zewnętrznego surowego mięsa jest jego barwa, która uważana jest za wskaźnik świeżości mięsa. Często determinuje ona chęć nabycia produktu przez konsumenta. Lynch i in. [Lynch, Kastner, Kropf 1986] twierdzili, że 74%, a Sikora i Weber [1995], że 94,6% konsumentów wskazywało na barwę jako czynnik decydujący o zakupie mięsa, utożsamiając jego czerwony kolor ze świeżością.

Barwa świeżego mięsa zależy w dużej mierze m.in. od koncentracji i formy chemicznej barwników mięśniowych oraz fizycznej struktury mięsa [Millar, Moss, Stevenson 1996; Renner 1999; McMillin i in. 1999]. Podstawowym barwnikiem

świeżego mięsa, decydującym o jego charakterystycznej barwie, jest mioglobina, która może występować w trzech formach: jaskrawoczerwonej oksymoglobiny (MbFe(II)O_2), ciemnoczerwonej mioglobiny (MbFe(II)) i brunatnej metmioglobiny (MbFe(III)), w zależności od ciśnienia cząstkowego tlenu w atmosferze [Pikul i in. 1988; Zhao, Wells, McMillin 1994; Krala 2001; Faustman 2001]. Mioglobina przy swobodnym dostępie powietrza łatwo łączy się z tlenem cząsteczkowym, przechodząc w utlenowaną oksymoglobinę. Minimalne ciśnienie parcjalne tlenu wymagane do zachowania MbFe(II)O_2 wynosi 40 mm Hg, tj., 53 hPa [McMillin 1996]. Niskie ciśnienie parcjalne tlenu (6 mm Hg = 8 hPa) sprzyja utlenieniu MbFe(II) do metmioglobiny [Ledward 1970; Renerre 1988]. Oksymoglobina łatwo ulega autooksydacji do metmioglobiny. Produktem przejściowym w reakcjach utlenienia oksymoglobiny i metmioglobiny jest ferrył-mioglobina $\text{MbFe(IV)} = \text{O}$ [Chan, Faustman, Decker 1997; Renerre 1999].

Bardzo reaktywna ferrył-mioglobina jest głównym sprawcą powstawania nad-tlenków lipidów, a w konsekwencji jełczenia tłuszczu [Renerre 1999; Cheng, Wang, Ockerman 2007]. Z kolei wolne rodniki, powstałe w wyniku utleniania lipidów, przyspieszają autooksydację oksymoglobiny, a tym samym powstawanie ferrył-mioglobiny [Mikkelsen, Skibsted 1998; Cheng, Wang, Ockerman 2007].

Barwa mięsa zależna jest również od: genotypu, płci, wieku zwierząt, rodzaju mięśni, pH, temperatury, czasu i sposobu przechowywania, ilości i rodzaju drobnoustrojów obecnych na powierzchni i/lub w mięsie [Fletcher 2002; Bekhit, Faustman 2005].

Tekstura jest prawdopodobnie najważniejszym czynnikiem jakości związanym z konsumencką satysfakcją spożywania produktów mięsnych [Fletcher 2002]. Międzynarodowa Organizacja Normalizacji (ISO) definiuje teksturę następująco: „Tekstura to wszystkie reologiczne i strukturalne właściwości produktu spożywczego, które mogą być odbierane przez człowieka za pomocą receptorów dotyku, mechanicznych oraz, jeżeli to możliwe, także wizualnych i słuchowych” [Surówka 2002].

Podstawowym wyróżnikiem tekstury mięsa jest w ocenie konsumentów przede wszystkim kruchość [Wołoszyn 2002; Anonim 2004; Klimaczak, Irzyniec 2004]. Konsumentci poszukują bowiem mięsa delikatnego, o dużych walorach smakowych.

Istotnymi czynnikami wpływającymi na kruchość mięsa są m.in.: gatunek, płęć i wiek, niektóre zabiegi technologiczne w czasie obróbki poubojowej drobiu, np. oparzenie i usuwanie piór (wysoka temperatura lub długi czas oparzania oraz intensywne usuwanie pierza powodują zmniejszenie kruchości mięsa drobiowego po ugotowaniu), warunki dojrzewania mięsa, czas, jaki upłynął od uboju do rozbioru tuszki lub odkostniania [Skrabka-Błotnicka 1997; Fletcher 2002].

Jednym z ważniejszych zabiegów technologicznych, w istotny sposób wpływających na kruchość mięsa, jest ogrzewanie. Z jednej strony denaturacja cieplna wywołuje skurcz włókna mięśniowego, co przejawia się zmniejszeniem kruchości mięsa. Z drugiej zaś kolagen po ogrzaniu traci strukturę fibrylną, przechodząc w rozpuszczalną żelatynę, zwiększając kruchość mięsa [Wołoszyn 2002].

Kruchość mięsa subiektywnie oznacza się jako wysiłek włożony przez zęby w celu penetracji i żucia tkanki mięśniowej. Tę cechę można oznaczyć również obiektywnie, przez instrumentalny pomiar siły potrzebnej do przecięcia próby.

Soczystość mięsa jest związana z satysfakcją spożywania mięsa i odgrywa ona istotną rolę dla konsumenta. Wiąże się z wodochłonnością mięsa. Im wyższa jest jego wodochłonność, tym niższe są ubytki masy mięsa podczas przetwarzania i przechowywania, a tym samym mięso zachowuje lepszą soczystość [Toscas, Shaw, Beilken 1999], a jak podkreślali Sørheim i in. [Sørheim, Ofstad, Lea 2004], konsumenci preferują mięso soczyste. Wpływ na soczystość mięsa ma również sposób obróbki cieplnej, a więc m.in.: czas, temperatura, rodzaj ogrzewania [Aaslyng i in. 2003].

Smakowitość mięsa jest kompletnym wrażeniem smakowo-zapachowym, na który istotny wpływ mają m.in. substancje powstające w trakcie utleniania lipidów.

W warunkach przedłużonego okresu przechowywania, co ma miejsce w MA, zmiany oksydacyjne lipidów są jedną z podstawowych przyczyn pogorszenia barwy, tekstury, zmniejszenia wartości żywieniowej, powstawania obcego, niepożądanego przez konsumenta zapachu i smaku, powodując tym samym pogorszenie smakowitości mięsa [Kilic, Richards 2003; Ulu 2004; Veberg i in. 2006]. Utlenianie lipidów w wyniku działania tlenu atmosferycznego jest procesem bardzo trudnym do zahamowania. Lipidy podlegają bowiem wolnorodnikowej, wieloetapowej reakcji łańcuchowej; w jej wyniku z kwasów tłuszczowych powstają różne związki, takie jak: wolne rodniki, nadtlenki, wodoronadtlenki, aldehydy, ketony i inne, z których większość może być toksyczna [Sheehy, Morrissey, Buckley 1995; Pikul 1997b]. Intensywność utleniania lipidów zależy od stopnia nienasylenia kwasów tłuszczowych oraz od zawartości prooksydantów i antyoksydantów [Pikul 1997a; Boselli i in. 2005; Barroeta 2006]. Mięso indyków, mające niską zawartość tokoferolu – mięśnie piersiowe: 0,07-0,27 mg/100 g tkanki, mięśnie udowe: 0,23-0,70 mg/100 g tkanki [Sheldon 1984; Wen i in. 1997] i wysoką zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (tab. 3), jest szczególnie podatne na ich utlenianie [Boselli 2005; Veberg i in. 2006].

Utlenianie lipidów mięsa katalizowane jest przez: rodnik ferrylowo-hemowy ($X-[Fe^{IV}=O]$), który powstaje w reakcji białek hemowych z nadtlenkiem wodoru, oraz niehemowe żelazo i inne metale przenoszące elektrony, zwiększające reaktywność związków tlenu [Pikul 1997a; Kopeć 2000; Cheng, Wang, Ockerman 2007]. Klasycznym przykładem reakcji rodnikowej z udziałem białek hemowych jest generowanie anionów ponadtlenkowych w układzie liposomy-mioglobina, prowadzące do zmniejszenia udziału oksymoglobiny, oraz aktywacja metmioglobiny przez H_2O_2 , prowadząca do powstania wolnych rodników [Kopeć 2000].

Mięso i produkty z mięsa indyków i kurcząt charakteryzują się delikatnym smakiem i aromatem oraz pożądaną kruchością, co pozwala na dowolne profilowanie smakowitości przygotowywanych z nich potraw i przetworów, z wykorzystaniem różnorodnych przypraw, zgodnie z wymaganiami konsumentów [Kijowski, Richardson 1997; Grabowski 2002]. Zaletą mięsa kurcząt i indyków jest szybki przebieg poubojowych zmian glikolitycznych w wyniku, czego tuszki mogą być porcjowane

już w 4 godz. po uboju, chociaż optymalną kruchość uzyskują po 24 godzinach chłodniczego przechowywania [Kijowski, Richardson 1997].

Dużym zainteresowaniem konsumentów cieszą się elementy kulinarne (mięśnie piersiowe i udowe) z surowego mięsa kurcząt i indyków z kością, skórą lub bez kości i skóry.

Mięśnie piersiowe i udowe są surowcem o innej charakterystyce. Mięśnie piersiowe są chudsze, o wyższej zawartości białka i niższej zawartości kolagenu niż mięśnie udowe, co wskazuje na ich wysoką wartość dietetyczną (tab. 1). Jeśli chodzi o mięśnie piersiowe indyków, to charakteryzują się one jasną barwą, pH na poziomie 5,6-5,7 [Panasik, Świdarska 1996; Hahn i in. 2001]. Mięśnie udowe indyków, w porównaniu z mięśniami piersiowymi, cechuje ok. 4-krotnie większa zawartość barwników hemowych [Niewiarowicz, Pikul, Czajka 1986] oraz większa zawartość lipidów w cząsteczkach, których większa jest zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (tab. 3). Wyższa wartość pH mięśni udowych, wynosząca 5,9-6,5, wiąże się z wyższą wodochłonnością i zdolnością do utrzymywania wody po obróbce termicznej [Panasik, Świdarska 1996; Northcutt, Young, Buhr 2001]. Wpływa to korzystnie na kruchość i soczystość mięsa kulinarnego oraz przetworów wytworzonych z udziałem tych mięśni [Panasik, Świdarska 1996]. Wyższe pH mięśni udowych niż piersiowych stwarza jednak korzystne warunki rozwoju bakterii, co wpływa na skrócenie dopuszczalnego czasu przechowywania.

Mięśnie udowe, poza użytkowaniem kulinarnym, mogą być wykorzystane w przetwórstwie jako lepsze kielbas lub surowiec, który korzystnie kontrastuje z jasnymi mięśniami piersiowymi [Panasik, Świdarska 1996].

6. Podsumowanie

Do drobiu grzebiącego zalicza się kury i indyki. Drób ten charakteryzuje się dobrym umięśnieniem, dużą wydajnością rzeźną, dobrą efektywnością odchowu oraz korzystną relacją cen w stosunku do innych gatunków mięsa, co powoduje, że popularność mięsa kur i indyków wzrasta z roku na rok. To zachęca badaczy i producentów do podejmowania wysiłków w kierunku zapewnienia wysokiej jakości mięsa drobiu grzebiącego. W pracy omówiono jakość mięsa drobiu, która jest pojęciem złożonym i obejmuje takie składowe, jak: bezpieczeństwo zdrowotne, wartość odżywcza, właściwości funkcjonalne i cechy sensoryczne.

Literatura

- Aaslyng M.D., Bejerholm C., Ertbjerg P., Bertram H., Andersen H.J., 2003, *Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure*, "Food Quality and Preference", 14, 277-288.
- Anonim, 1999, *Przechowywanie mięsa świeżego w warunkach chłodniczych. Opakowania ochronne*, „Mięso i Wędliny”, 4, 28-29, 32, 34.

- Anonim, 2004, *Anti – fog masterbatches for food packaging*, “Plastics Additives and Compounding, Applications”, November/December, 14.
- Alasnier C., Meynier A., Viau M., Gandemer G., 2000, *Hydrolytic and oxidative changes in the lipids of chicken breast and thigh muscles during refrigerated storage*, Journal of Food Sci., 65, 1, 9-14.
- Asghar A., Samejima K., Yasui T., 1985, *Functionality of muscle proteins in gelation mechanisms of structured meat products*, “CRC Critical Review Food Science and Nutrition”, vol. 22, 27-106.
- Baker R.C., Qureshi R.A., Hotchkiss J.H., 1986, *Effect of elevated level of carbon dioxide – containing atmosphere on the growth of spoilage and pathogenic bacteria at 2^o, 7^o and 13^oC*, Poultry Sci., 65, 729-733.
- Bandman E., 1999, *Solubility of myosin and the binding quality of meat products*, Proceedings of the 45th ICoMST, Yokohama, vol. 1, 236-244.
- Barroeta A.C., 2006, *Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA*, XII Europ. Poultry Conf., 10-14 September, Verona.
- Bekhit A.E.D., Faustman C. 2005, *Metmyoglobin reducing activity*, Meat Sci., 71, 407-439.
- Bojarska U., Batura J., 1999, *Właściwości fizykochemiczne mięśni indyków jako surowca do przetwórstwa*, XXX Sesja Naukowa KTiCZ PAN, streszczenia komunikatów, Kraków, 14-15 września, II-219.
- Borch E., Kant-Muermans M.L., Blixt Y., 1996, *Bacterial spoilage of meat and cured meat products*, Int. Journal of Food Microbiology, 33, 103-120.
- Boselli E., Caboni M.F., Rodriguez-Estrada M.T., Toschi T.G., Daniel M., Lercker G., 2005, *Photooxidation of cholesterol and lipids of turkey meat during storage under commercial retail conditions*, “Food Chemistry”, 91, 705-713.
- Brody A.L., 2002, *Meat packaging: past, present and future*, In 55th Ann. Recip. Meat Conf. East Lansing, MI, 28-31 Julay, AMSA, Urbana.
- Chan W.K.M., Faustman C., Decker E.A., 1997, *Lipid oxidation Induced by oxymyoglobin and metmyoglobin with involvement of H₂O₂ and superoxide anion*, Meat Sci., vol. 46, 2, 181-190.
- Cheng J.H., Wang S.T., Ockerman H.W., 2007, *Lipid oxidation and color change of salted pork patties*, Meat Sci., 75, 71-77.
- Coles R., McDowell D. (red.), 2003, *Food Packaging Technology*, Blackwell Publishing.
- Dainty R.H., Garcia de Fernando G.D. (red.), 1997, *Meat spoilage and its control*, [w:] *Microbial Control in the Meat Industry*, University of Bristol Press, Concerted Action CT94-1456, 4.
- Dhananjayan R., Han I.Y., Acton J.C., Dawson P.L., 2006, *Growth depth effects of bacteria in ground turkey meat patties subjected to high carbon dioxide or high oxygen atmospheres*, Poultry Sci., 85, 1821-1828.
- Faustman C., 2001, *Measurement of discoloration in fresh meat*, Ch. F3 Unit F3.3. in Current Protocols in Food Analytical Chemistry, Wiley and Sons, Inc., New York.
- Fletcher D.L., 2002, *Poultry meat quality*, World’s Poultry Sci. Journal, 58, 2, 131-145.
- Grabowski T., 2002, *Wpływ czynników przeżyciowych na jakość mięsa drobiowego, cz. III*, „Polskie Drobiarstwo”, 10, 11-12.
- Gram L., Ravn L., Rasch M., Bruhn J.B., Christensen A.B., Givskov M., 2002, *Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria*, Int. J. of Food Microbiology, 78, 79-97.
- Hahn G., Malenica M., Müller W.-D., Taubert E., Petrak T., 2001, *Putenbrustfleisch: Postmortale Glykolyse und Technologische Eigenschaften*, „Fleischwirtschaft“, 10, 120-122.
- Honikel K.O., 2002, *Biochemical and physical aspects of water holding capacity*, Proceedings of the 3rd Pork Quality Improvement Symposium, AMSA, 11-16.
- Honikel K.O., 1987, *Wasserbindungsvermögen von Fleisch*, „Fleischwirtschaft“, 67 (4), 418-428.
- Hotchkiss J.H., Baker R.C., Qureshi R.A., 1985, *Elevated carbon dioxide atmospheres for packaging poultry. II. Effects of chicken quarters and bulk packages*, Poultry Sci., 64, 333-340.
- Ishioroshi M., Kitagawa T., Samejima K., 1999, *The role of insoluble fraction in meat on heat-induced gel strenght of porcine actomyosin*, Proceedings of the 45th ICoMST, Yokohama, vol. 1, 64-165.

- Jahan K., Paterson A., Spickett C.M., 2004, *Fatty acid composition, antioxidants and lipid oxidation in chicken breasts from different production regimes*, Int. J. of Food Sci. and Techn., 39, 443-453.
- Jay J.M., 1992, *Modern food microbiology*, 4th ed., New York, Chapman&Hall, 701.
- Kijowski J., Richardson I.R., 1997, *Przetwórcze wykorzystanie mięsa drobiowego*, „Mięso i Wędliny”, 5, 56-62.
- Kilic B., Richards M.P., 2003, *Lipid oxidation in poultry döner Kebab: pro-oxidative and anti-oxidative factors*, J. of Food Sci., 68, 2, 686-689.
- Klimaczak J., Irzyniec Z., 2004, *Stabilność mrożonego mięsa indyków w funkcji temperatury przechowywania*, „Chłodnictwo”, XXXIX, 11, 45-48.
- Kołożyn-Krajewska D., 1995, *Zasady i wymagania mikrobiologiczne niezbędne do kształtowania nowych produktów żywnościowych*, [w:] *Food product development-opracowywanie nowych produktów żywnościowych*, AR, Poznań, 127-147.
- Kopeć W., 2000, *Procesy oksydacji a właściwości funkcjonalne białek miofibrylarnych*, Konferencja naukowa „Jakość i bezpieczeństwo żywności pochodzenia zwierzęcego”, AR, Wrocław, 48-56.
- Kosek K., Bystron J., Przysiężna E., Wołoszyn J., 1998, *Wpływ czasu przechowywania na mikroflorę i zapach mięśni kaczek pakowanych próżniowo*, „Chłodnictwo”, 11, 45-47.
- Krala L., 1999, *Oddziaływanie atmosfery kontrolowanej i modyfikowanej na właściwości chłodzonego mięsa kurcząt*, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, 814, Z. 255.
- Krala L., 2001, *Stabilność barwy mięsa o niskim stopniu przetworzenia*, „Chłodnictwo”, 36 (7), 36-43.
- Krala, L., Kułagowska A., 2005, *Pakowanie i przechowywanie wędlin w modyfikowanej atmosferze (MAP)*, „Chłodnictwo”, XL, 9, 50-53.
- Kreyschmidt J., Lohmeyer K., Stahl N., 2002, *Charakterisierung des Verderbs von Frischfleisch. Veränderung mikrobiologischer und biochemischer Parameter von Geflügelfleisch bei unterschiedlichen Lagertemperaturen*, „Fleischwirtschaft“, 10, 108-111.
- Ledward D.A., 1970, *Metmyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres*, J. of Food Sci., vol. 35, 1, 33-37.
- Lesiów T., 2001, *Prognozowanie jakości wyrobów z mięsa kurcząt na podstawie reologicznych właściwości homogenatów*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 889, Monografie i Opracowania nr139, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław, 1-133.
- Lesiów T., Xiong Y.L., 2004, *Up-to-date knowledge on the nutritional composition of poultry meat*, 50th ICoMST, Helsinki, Finland, 1115-1118.
- Lynch N.M., Kastner C.L., Kropf D.H., 1986, *Consumer acceptance of vacuum packaged ground beef as influenced by product color and educational materials*, Journal of Food Sci., vol. 51, 2, 253-255, 272.
- Makala H., 1999, *Rola wody w produktach spożywczych*, „Gospodarka Mięsna”, 5, 26-30.
- McMillin K.W., 1996, *Initiation of oxidative processes in muscle foods*, Proceed. Recip. Meat Conf. AMSA, 49, 53-64.
- McMillin K.W., Huang N.Y., Ho C.P., Smith B.S., 1999, *Quality and shelf-life of meat in case ready modified atmosphere packaging*, ch. 6, [w:] Y.L. Xiong, F. Shahidi, C.T. Ho (eds.), *Quality Attributes in Muscle Foods*, Plenum Publishing Corp., New York, 73-93.
- Mead G.C., Hinton M.H. (red.), 1996, *Bacterial pathogenes on raw meat and their properties*, [w:] *Microbial Control in the Meat Industry*, Concerted Action CT94-1456 (7), University of Bristol Press.
- Mead G.C. (red.), 2005, *Food Safety Control in Poultry Industry*, Woodhead Publishing.
- Mikkelsen A., Skibsted L.H., 1998, *Oxidative damage to proteolytic enzymes: Inactivation of papain and ficin by ferrylmyoglobin*, Zeitschrift für Lebensm. Unters. Forsch. A, vol. 206, nr 3, 199-202.
- Millar S.J., Moss B.W., Stevenson M.H., 1996, *Some observation on the absorption spectra of various myoglobin derivatives found in meat*, Meat Sci., 42, 3, 277-288.
- Niewiarowicz A., Pikul J., Czajka P., 1986, *Gehalt an Myoglobin und Hämoglobin in Fleisch verschiedener Geflügelarten*, „Fleischwirtschaft“, 66, 8, 1281-1282.

- Northcutt J.K., Young L.L., Buhr R.J., 2001, *Effects of turkey age and conditioning on meat pH, color and sarcomere length*, 47th ICoMST, vol. I, P22.
- Olszewski A., 1999, *Pomiar pH jako miernik jakości mięsa i jego przetworów*, „Gospodarka Mięсна”, 51, 30-35.
- Panasik M., Świdarska J., 1996, *Mięso drobiowe – zapiski technologa*, „Gospodarka Mięсна”, 1, 20-21.
- Pexara E.S., Metaxopoulos J., Drosinos E.H., 2002, *Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages – “piroski” – stored under vacuum and modified atmospheres at + 4 and + 10 °C*, Meat Sci., 62, 33-43.
- (Proszę usunąć, mnie się nie udało.)Pikul J., 1996, *Lipidy mięsa drobiu*, „Gospodarka Mięсна”, 7, 28-34.
- Pikul J., 1997a, *Korzyści stosowania pasz dla drobiu wzbogaconych w tokoferole*, „Gospodarka Mięсна”, 49, 3, 48-53.
- Pikul J., 2000, *Pakowanie i przechowywanie żywności w modyfikowanej atmosferze*, „Chłodnictwo”, 35 (9), 66-70.
- Pikul J., 2001, *Przedłużanie okresu trwałości schłodzonego mięsa oraz produktów z mięsa drobiu przez pakowanie w modyfikowanej atmosferze*, „Chłodnictwo”, XXXVI, 11, 39-45.
- Pikul J., 2002, *Pakowanie i przechowywanie schłodzonych produktów mięsnych w modyfikowanej atmosferze*, „Chłodnictwo”, XXXVII, 1, 36-41.
- Pikul J., 1997b, *Zapobieganie utlenianiu lipidów mięsa drobiu przez wzbogacanie pasz związkami witaminowo E-aktywnymi*, „Gospodarka Mięсна”, 49, 1, 34-38.
- Pikul J., Niewiarowicz A., Góra A., Szczyrba E., 1988, *Barwa mięsa kurcząt brojlerów podczas chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania*, „Gospodarka Mięсна”, 40 (3), 23-26.
- Pikul J. (red.), 1993, *Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego*, AR, Poznań.
- Renner M., 1999, *Biochemical basis of fresh meat colour*, Proceeding of 45th ICoMST, Yokohama, vol. 2, 344-353.
- Renner M., 1988, *Retail storage and distribution of meats in modified atmospheres*, “Fleischwirtschaft”, 68 (9), 1150-1152.
- Rhee K.S., Anderson L.M., Sams A.R., 1996, *Lipid oxidation potential of beef, chicken and pork*, J. of Food Sci., 61, 8-12.
- Ristic M., Freudenreich P., Werner R., Schüssler G., Köstner U., Ehrhardt S., 2006, *The chemical composition of broiler meat*, XII Europ. Poul. Con., 10-14 September, Verona, Abstracts, 269.
- Shapton D., Shapton N., 1993, *Principles and practices of the safe processing of foods*, Ed. Butterworth-Heinemann, London.
- 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*, Proc. of the XII European Symposium on the Quality of Poultry Meat, 25-29 September, Zaragoza, 425-436.
- Sheldon B.W., 1984, *Effect of dietary tocopherol on the oxidative stability of turkey meat*, Poultry Sci., 63, 673-681.
- Silliker J.H., Wolf S.K., 1980, *Microbiological safety considerations in controlled – atmosphere storage of meats*, “Food Technology”, 34 (3), 59-63.
- Sikora T., Weber P., 1995, *Próba poznania konsumenckich preferencji dotyczących mięsa kulinarnego*, „Gospodarka Mięсна”, 1, 40-41.
- Skrabka-Blotnicka, T., 1973, *Badania nad zmianami zachodzącymi w białkach i składzie aminokwasowym mięśni kurcząt brojlerów podczas zamrażania, przechowywania i rozmrażania*, Instytut Zootechniki, Zeszyty Naukowe ZZD Czechnica, Seria A, 5, 1-67.
- Skrabka-Blotnicka T., 1997, *Wpływ czynników poubojowych na jakość mięsa i przetworów drobiowych*, „Drobiarstwo”, vol. 2, nr 3, 41-43
- Słowiński M., Mroczek J., 1981, *Skład chemiczny mięsa indyczego pozyskiwanego przy ręcznym i mechanicznym odmięsnianiu*, „Gospodarka Mięсна”, 5-6, 39-41.

- Sørheim O., Ofstad R., Lea P., 2004, *Effect of carbon dioxide on yield, texture and microstructure of cooked ground beef*, Meat Sci., 67, 231-236.
- Stadelman W.J., Olson V.M., Shemwell G.A., Posch S., 1988, *Egg and poultry-meat processing*, Ellis Horwood Ltd., Chicester, 96.
- Surówka K., 2002, *Tekstura żywności i metody jej badania*, „Przemysł Spożywczy”, 10, 12-17.
- Thomas Y.O., Kraft A.A., Rust R.R., Hotchkiss D.K., 1984, *Effect of carbon dioxide and packaging methods on the microbiology of packaged chicken*, J. of Food Sci., 49 (8), 1367-1371.
- Toscas P.J., Shaw F.D., Beilken S.L., 1999, *Partial least squares (PLS) regression for the analysis of instrument measurements and sensory meat quality data*, “Meat Science”, vol. 52, 2, 173-178.
- Tyszkiewicz I., 1991, *Strukturotwórcze funkcje białek mięśniowych i niemięśniowych (elementy teorii i rady praktyczne)*, „Gospodarka Mięsna”, 2, 1-5.
- Ulu H., 2004, *Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products*, Meat Sci., 67, 683-687.
- Veberg A., Sorheim O., Moan J., Iani V., Juzenas P., Nilsen A.N., Wold J.P., 2006, *Measurement of lipid oxidation and porphyrins in high oxygen modified atmosphere and vacuum-packed minced turkey and pork meat by fluorescence spectra and images*, “Meat Science”, 73, 511-520.
- Wen J., McCarthy S.N., Higgins F.M., Morrisey P.A., Buckley D.J., Sheehy P.J.A., 1997, *Effect of dietary α -tocopheryl acetate on the uptake and distribution of α -tocopherol in turkey tissues and lipid stability*, “Irish Journal of Agricultural and Food Research”, 36, 65-74.
- Wojtoń B., 1997, *Surowce żywnościowe pochodzenia zwierzęcego jako źródło zagrożeń mikrobiologicznych*, materiały konferencji: „Bezpieczeństwo mikrobiologiczne produkcji żywności”, Warszawa, listopad, 37-44.
- Wołoszyn J., 2002, *Charakterystyka fizykochemiczna i technologiczna mięśni kaczek tuczonych przy-musowo*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 921, Monografie i Opracowania nr 145, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 5-136.
- Zaleski S.J., 1985, *Mikrobiologia żywności pochodzenia zwierzęcego*, WNT, Warszawa.
- Zhao Y., Wells J., McMillin K., 1994, *Applications of dynamic modified atmosphere packaging systems for fresh red meats: Review*, J. of Muscle Foods, 5, 299-328.