

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersytetu
PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 564

ROZPRAWY CCLIII

ANNA CZUBASZEK

**TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF WHEAT FLOUR BLENDS WITH OAT
GRIND PRODUCTS**

**DEPARTMENT OF FRUIT, VEGETABLES
AND GRAIN TECHNOLOGY**



WROCŁAW 2008

ANNA CZUBASZEK

**CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGICZNA
MIESZANEK MAŁI PSZENNEJ Z PRODUKTAMI
PRZEMIAŁU OWSA**

**KATEDRA TECHNOLOGII OWOCÓW,
WARZYW I ZBÓŻ**



WROCŁAW 2008

Opiniodawca

prof. dr hab. Bohdan Achrem-Achremowicz

Redaktor merytoryczny

prof. dr hab. inż. Ewelina Dziuba

Opracowanie redakcyjne

dr Ewa Jaworska

Korekta

Janina Szydłowska

Łamanie

Halina Sebzda

Projekt okładki

Grażyna Kwiatkowska

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2008

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany
za pomocą urządzeń elektronicznych, nagrywających i innych
bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich

ISSN 1897-208X

ISSN 1897-4732

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki

ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel./fax 071 328-12-77

e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 + 16 egz. Ark. druk. 5,5

Druk i oprawa: Wydawnictwo Tekst Sp. z o.o.

ul. Kossaka 72, 85-307 Bydgoszcz

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
1.1. Wprowadzenie.....	7
1.2. Walory fizjologiczno-żywniowe owsa	8
1.3. Stosowanie produktów z owsa w piekarstwie	11
2. CEL PRACY	14
3. MATERIAŁ BADAWCZY I JEGO PRZYGOTOWANIE	15
4. METODY BADAŃ	16
4.1. Określenie składu chemicznego produktów owsianych i mąki pszennej	16
4.2. Określenie właściwości kleików owsianych, pszennych i pszenno-owsianych ...	18
4.3. Określenie właściwości ciast pszennych i pszenno-owsianych.....	18
4.4. Wypiek laboratoryjny oraz określenie jakości pieczywa pszennego i pszenno-owsianego	19
4.5. Statystyczna analiza wyników badań	20
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW	21
5.1. Charakterystyka produktów owsianych i mąki pszennej.....	21
5.2. Charakterystyka właściwości kleików owsianych i pszennych.....	28
5.3. Wpływ produktów owsianych na właściwości kleików pszenno-owsianych.....	31
5.4. Wpływ produktów owsianych na właściwości ciasta pszenno-owsianego.....	36
5.5. Wpływ produktów owsianych na cechy jakościowe pieczywa pszenno-owsianego.....	41
5.6. Wartość odżywcza pieczywa pszennego i pszenno-owsianego.....	48
6. DYSKUSJA WYNIKÓW	52
6.1. Porównanie składu chemicznego mąki pszennej i produktów owsianych.....	52
6.2. Wartość technologiczna mąki pszennej, produktów owsianych i mieszanek pszenno-owsianych.....	57
7. WNIOSKI	68
8. PIŚMIENNICTWO	70

1. WSTĘP

1.1. Wprowadzenie

Postęp w nauce o żywieniu człowieka i technologii żywności przyczynił się do zwiększenia zainteresowania różnymi substancjami występującymi w produktach pochodzenia roślinnego. Substancje te wykazują pozytywne oddziaływanie na organizm człowieka i mogą być pomocne w zapobieganiu chorobom cywilizacyjnym. Żywniowcy wskazują na szczególne właściwości odżywcze i profilaktyczne produktów z całego ziarna i w modelach racjonalnego odżywiania zalecają ich częste spożywanie (Slavin i wsp. 1999, 2000, Bruce i wsp. 2000, Brand-Miller i wsp. 2002, Jenkins i wsp. 2002, Juntunen i wsp. 2002, Pereira i wsp. 2002, Hallfrisch i wsp. 2003, Liu i wsp. 2003, Arts i Hollman 2005, Weaver i Schneeman 2005, Sahyoun i wsp. 2006).

Preferowanie całościarnych produktów zbożowych w żywieniu człowieka związane jest z obecnością w nich błonnika pokarmowego oraz substancji o działaniu antyoksydacyjnym. Udowodniono bowiem, że zwiększenie spożycia błonnika przyczynia się do zmniejszenia otyłości, zapobiega chorobom serca i układu krążenia, obniża poziom cukru i cholesterolu we krwi, korzystnie wpływa na procesy trawienne oraz działa przeciwnowotworowo (Chen i wsp. 1998, Bruce i wsp. 2000, Hallfrisch i Behall 2000, Slavin i wsp. 2000, Andersson i wsp. 2002, Davy i wsp. 2002, Juntunen i wsp. 2002, McCann i wsp. 2002, Pereira i wsp. 2002, Truswell 2002, Hallfrisch i wsp. 2003, Liu i wsp. 2003, Koh-Banerjee i wsp. 2004, Nakaji i wsp. 2004, Arts i Hollman 2005, Crosby 2005, Laaksonen i wsp. 2005, Qu i wsp. 2005, Sahyoun i wsp. 2006).

Substancje antyoksydacyjne w ziarnie zbóż to: polifenole, lignany oraz kwas fitynowy. Probiotyczne działanie polifenoli polega na obniżaniu poziomu wolnych rodników, które to uszkadzają elementy biologiczne komórek, przyspieszają proces starzenia się, biorą udział w powstawaniu nadciśnienia, nowotworów, demencji starczej i upośledzają funkcjonowanie systemu odpornościowego (Velioglu i wsp. 1998, Bartnikowska i wsp. 2000 a, Bruce i wsp. 2000, Burda i wsp. 2001, Peterson 2001 b, Dokuyucu i wsp. 2003, Janeczko 2004, Arts i Hollman 2005, Marciniak i Obuchowski 2006). Lignany znajdujące się w ścianach komórkowych ziarna zbóż wpływają na poliferaację komórek nowotworowych, syntezę białek, aktywność wielu enzymów wewnątrzkomórkowych i czynników wzrostu. Przyczyniają się także do obniżenia poziomu lipidów we krwi, zmniejszając ryzyko powstawania zakrzepów (Andlauer i Fürst 1998, Bartnikowska i Piesiewicz 1999, McCann i wsp. 2002, Crosby 2005, Qu i wsp. 2005). Kwas fitynowy zaliczany do przeciwutleniaczy pomocniczych wzmacnia skuteczność działania przeciwutleniaczy głównych (Troszyńska i wsp. 2000, Decker i wsp. 2002, Marciniak i Obuchowski 2006). Bartnikowska i Piesiewicz (1999) podają, że działanie fitynianów może opóźnić

powstawanie miażdżycy i przyczyniać się do hamowania rozwoju komórek nowotworowych.

W Polsce przeciętny mieszkaniec rocznie zjada 104 kg produktów zbożowych, w tym 73 kg pieczywa (GUS 2005). Oznacza to, że głównym produktem zbożowym w naszej diecie jest pieczywo. Badania preferencji konsumenckich prowadzone przez Cichoń i Miśniakiewicz (2001) wykazały, że w ogólnej ilości spożywanego pieczywa 60% stanowi pieczywo mieszane, 23% pszenne, 15% żytnie i razowe, a około 2% pieczywo chrupkie. Wynika z tego, że konsumenci preferują pieczywo produkowane z jasnej mąki pszennej i żytniej, co jest niekorzystne ze względu na niską wartość odżywczą takiej mąki w porównaniu z mąką ciemną. Wobec tego należy podejmować działania mające na celu zmianę preferencji konsumentów i zwiększenie asortymentu pieczywa o podwyższonej wartości odżywczej. Cel ten można osiągnąć przez stosowanie dodatków technologicznych wzbogacających pieczywo w składniki odżywcze. W piekarstwie wykorzystywane są dodatki syntetyczne lub naturalne. Konsumenci, obawiając się negatywnego wpływu związków syntetycznych na stan zdrowia, niechętnie godzą się na ich obecność w żywności. Z tego powodu producenci poszukują naturalnych surowców wzbogacających pieczywo w składniki odżywcze.

1.2. Walory fizjologiczno-żywniowe owsa

Poszukując dodatków naturalnych, zdolnych do uzupełnienia niedoborów niektórych substancji odżywczych w pieczywie, należy zwrócić uwagę na owies. Jego ziarno posiada wyjątkowe walory fizjologiczno-żywniowe, smakowe, dietetyczne i lecznicze związane ze specyficznymi właściwościami rozpuszczalnej frakcji włókna i składu białek (Manthey i wsp. 1999, Lapveteläinen i wsp. 2001, Hampshire 2004, Peterson 2004, Piispa i Alho-Lehto 2004).

Korzystną cechą ziarna owsa jest duża zawartość błonnika pokarmowego, a zwłaszcza nieskrobiowych polisacharydów (β -glukanów i pentozanów) (Gąsiorowski i wsp. 1997, Chen i wsp. 1998, Gerhardt i Gallo 1998, Grajeta 1999, Johansson i wsp. 2000, Davy i wsp. 2002, Hallfrisch i Behall 2003, Åman i wsp. 2004, Piispa i Alho-Lehto 2004, Salovaara 2004). W nieobłuszczonego ziarna owsa ilość błonnika pokarmowego kształtuje się na poziomie 32,7% i jest najwyższa w porównaniu z innymi zbożami (Michniewicz i wsp. 1998). Po usunięciu plewki całkowita ilość włókna pokarmowego w ziarnie owsa jest zbliżona do jego zawartości w pszenicy i waha się od 12 do 15%. Jednak w błonniku pszennym udział składników rozpuszczalnych w wodzie wynosi tylko 14%, a we włóknie pokarmowym owsa około 50% (Gąsiorowski i wsp. 1997, Michniewicz i wsp. 1998, Manthey i wsp. 1999, Wilhelmson i wsp. 2001). Tak duża ilość rozpuszczalnej frakcji błonnika jest bardzo korzystna ze względów żywieniowych. W nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego owsa znajduje się 17,0–21,3% hemicelulozy, 26,6% celulozy, 21,4% ligniny i 8,9% nierozpuszczalnych pentozanów (Clay i wsp. 1996). Frakcja rozpuszczalna składa się głównie z (1-3)(1-4)- β -D-glukanu (Dawkins i Nnanna 1993, Lee i wsp. 1997, Johansson i wsp. 2000, Gustaw i wsp. 2001). Zawartość β -glukanów ogółem w obłuszczonego owsie wynosi od 2,4–7,9%, a rozpuszczalne β -glukany stanowią w nich 80–85% (Autio i wsp. 1992, Ganßmann 1994, 1998,

Beer i wsp. 1998, Michniewicz i wsp. 1998, Wilhelmson i wsp. 2001, Åman i wsp. 2004, Colleoni-Sirghie i wsp. 2004, Hampshire 2004, Peterson i wsp. 2005).

Dzięki wysokiej zawartości rozpuszczalnych β -glukanów w owsie produkty z niego uzyskane charakteryzują się znacznie mniejszym indeksem glikemicznym niż powszechnie spożywane produkty z pszenicy i pomagają regulować poposiłkowe stężenie glukozy we krwi. Jest to szczególnie ważne u osób chorych na cukrzycę (Wood i Robichon-Hunt 1997, Jenkins i wsp. 2002, Foster-Powell i wsp. 2002, Piispa i Alho-Lehto 2004, Mikola 2004). W badaniach klinicznych wykazano również, że β -glukan owsa ma zdolność zwiększania odporności na infekcje bakteryjne (Slavin i wsp. 1999, Tsikitis i wsp. 2004), redukuje zawartość cholesterolu i triglicerydów we krwi oraz obniża ryzyko występowania chorób układu krążenia (Behall i wsp. 1997, Gerhardt i Gallo 1998, Maier i wsp. 2000, Andersson i wsp. 2002, Davy i wsp. 2002, Webster 2002, Hallfrisch i wsp. 2003, Wołoch i Pisulewski 2003, Peterson 2004, Pisulewski i wsp. 2004, Redaelli i wsp. 2004, Salovaara 2004). Od ziarna znacznie bogatsze w błonnik pokarmowy i β -glukany są otręby owsiane, które w przeliczeniu na suchą masę zawierają 14% frakcji rozpuszczalnej oraz 11% frakcji nierozpuszczalnej błonnika (Johansson i wsp. 2000). Zawartość β -glukanów w otrębach waha się w przedziale 7,6–13,4 g/100g produktu (Beer i wsp. 1998).

Liczne badania (Gąsiorowski i wsp. 1997, Subda i wsp. 1998 a, b, Kamińska i wsp. 1999, Pizło i wsp. 1999, Doehlert i McMullen 2000, Doehlert i wsp. 2001, Lapveteläinen i wsp. 2001, Czubaszek 2003, Nita 2003, Paczos-Grzęda 2003, Hampshire 2004, Peterson i wsp. 2005) wykazały, że ziarno owsa cechuje się dużą zawartością białka, która w ziarnie oplewionym waha się w zakresie 7,4–16,2%, a po usunięciu plewki przeciętnie wynosi od 12,0 do 15,8%, jednak w niektórych odmianach może osiągać poziom 20%.

Żywniowcy zwracają uwagę na wysoką wartość biologiczną białka występującego w ziarnie owsa. Jest ona większa niż w przypadku białka innych zbóż takich jak żyto, jęczmień, kukurydza i pszenica, a porównywalna z wartością białka soi (Horvatić i Guterman 1997, Kawka i Kędzior 1998, Maciejewicz-Ryś i Sokół 1999, Szajewska i wsp. 2001, Gąsiorowski 2003, Mikola 2004). Wysoka wartość biologiczna białka owsa wynika z korzystnego profilu aminokwasowego (Kamińska i wsp. 1999, Petkov i wsp. 1999, Pisulewski i wsp. 1999, Maunsell 2004). Ogólna zawartość aminokwasów egzogennych w białku owsa wynosi ponad 40%, a w białku pszenicy i żyta tylko około 30% (Gąsiorowski 2003, Ralecewicz i Knapowski 2006). Pierwszym aminokwasem ograniczającym w białku owsianym, podobnie jak w ziarnie innych zbóż, jest lizyna, a w następnej kolejności treonina lub leucyna. Niemniej jednak w porównaniu do pszenicy i żyta, owies zawiera więcej lizyny, treoniny, tyrozyny i tryptofanu (Wieser i wsp. 1990, Kączkowski 1995, Horvatić i Guterman 1997, Pisulewski i wsp. 1999, Bartnikowska i wsp. 2000 a). Ma (1983), porównując skład aminokwasowy obłuszczonego ziarna owsa i otrąb owsianych ze wzorcem FAO, wykazał, że obłuszczone ziarno owsa ustępuje wzorcowi pod względem zawartości lizyny, treoniny, cysteiny i tyrozyny, a otręby owsiane w porównaniu z tym wzorcem zawierają mniej tylko cysteiny i tyrozyny.

Wśród zbóż ziarno owsa wyróżnia się dużą zawartością tłuszczu. Hampshire (2004) stwierdził, że owies konsumpcyjny zawiera od 6–10% tego składnika. W ziarnie odmian wysokotłuszczowych jego ilość może dochodzić nawet do 16–18% (Peterson i Wood

1997). W polskich odmianach owsa oplewionego zakres wahań ilości tłuszczu wynosi od 2,2 do 9,2%, a średnio kształtuje się na poziomie 5,2% (Gąsiorowski i wsp. 1997). Po usunięciu plewki z ziarna poziom tłuszczu jest wyższy i przeciętnie wynosi 7,9% przy zakresie zmienności od 5,7 do 9,9% (Berski i Gibiński 2001, Gąsiorowski 2003, Peterson i wsp. 2005). Pozytywną cechą tłuszczu owsianego jest duży udział nienasyconych kwasów tłuszczowych (ok. 80%), w tym również kwasów egzogennych niezbędnych w diecie człowieka (Kawka 1996, Bartnik i Rothkaehl 1997, Berski i Gibiński 2001, Gąsiorowski 2003, Mikola 2004). Największy udział w ogólnej ilości kwasów tłuszczowych w ziarnie owsa mają nienasycone kwasy: linolowy (24,0–53,0%) i oleinowy (17,9–47,1%). Spośród kwasów nasyconych swoją ilością wyróżnia się kwas palmitynowy (13,2–39,4%) (Liukkonen i wsp. 1992, Pisulewska i wsp. 1999 a, b, Zhou i wsp. 1999, Berski i Gibiński 2001, Lapveteläinen i wsp. 2001, Peterson 2004). W porównaniu z pszenicą i żytem owies zawiera więcej kwasu oleinowego, a mniej linolowego (Bartnik i Rothkaehl 1997).

W tłuszczu owsa występują ponadto tokotrienole, substancje o działaniu antyoksydacyjnym, do których należą fitosterole i tokoferole. Fitosterole są antagonistami cholesterolu i hamują jego wchłanianie, natomiast tokoferole mają silne właściwości antyoksydacyjne. Związki te przyczyniają się do hipocholesterolemicznego działania przetworów owsianych, zapobiegają chorobom nowotworowym i układu krążenia oraz spowalniają proces starzenia się (Kawka 1996, Bartnikowska i Lange 2000, Bartnikowska i wsp. 2000 a).

Wykazano, że aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z ziarna owsa jest znacznie wyższa niż ekstraktów z pszenicy. Te silne właściwości antyoksydacyjne owsa wynikają z obecności polifenoli (katechin i kwasów fenolowych), flawonoidów oraz awenantramidów (Moltenberg i wsp. 1996, Bartnikowska i wsp. 2000 b, Zieliński i Kozłowska 2000, Burda i wsp. 2001, Peterson 2001 a, b, Bryngelsson i wsp. 2003, Dokuyucu i wsp. 2003, Wołoch i Pisulewski 2003). Wymienione związki w organizmie człowieka blokują reaktywne formy tlenu, a także wchodzą w reakcje z wolnymi rodnikami, przez co chronią go przed stresem oksydacyjnym i zapobiegają rozwojowi chorób takich jak miażdżycy naczyń krwionośnych, choroba wieńcowa czy też niektóre nowotwory (Emmons i Peterson 1999, Hollman 2001, Peterson 2001 a, b). Antyutleniacze występujące w ziarnie owsa przeciwdziałają także autooksydacji tłuszczów, hamują niekorzystną aktywność enzymów lipolitycznych, stabilizują kolor, smak i zapach produktów spożywczych oraz zwiększają ich trwałość (Peterson i Wood 1997, Peterson 2001 a, b, Bryngelsson i wsp. 2003).

Niektórzy autorzy (Rakowska i Bartnikowa 1997, Redaelli i wsp. 2004) uważają, że owies i produkty z niego otrzymane są dobrym surowcem do produkcji żywności funkcjonalnej. W skali świata na artykuły żywnościowe przeznaczają się około 20% zbiorów tego zboża, w Polsce tylko około 3%. Dostrzega się jednak globalną tendencję wzrostu ilości owsa kierowanego do przemysłu spożywczego. W handlu dostępna jest coraz szersza gama przetworów owsianych takich jak: kasze, mąka, otręby, płatki, wyroby cukiernicze i pieczywo (Moudry 1993, Bartnik i Rothkaehl 1997, Nita 1999, Gąsiorowski 2000).

1.3. Stosowanie produktów z owsa w piekarstwie

Powszechnie uważa się, że w piekarstwie produkty owsiane nie mogą być stosowane samodzielnie i wykorzystuje się je jako zamiennik mąki chlebowej pszennej lub żytniej. Dla uzyskania podwyższonej wartości odżywczej pieczywa ich dodatek powinien być jak najwyższy. Należy jednak mieć na uwadze to, że wprowadzenie produktów owsianych do receptury może przyczynić się do zmian właściwości wypiekowych mąki i powodować utrudnienia w technologicznym procesie produkcji pieczywa.

Czubaszek i Karolini-Skaradzińska (2005), oceniając jakość mieszanek pszenno-owsianych zawierających do 20% mąki, otrąb lub rozmielonych płatków, stwierdziły, że ze wzrostem ilości tych produktów w mieszance sukcesywnie zmniejsza się ilość glutenu mokrego i wartość wskaźnika sedymentacji. Badania prowadzone przez wielu autorów (D'Appolonia i Youngs 1978, Krishnan i wsp. 1987, Kawka i Gąsiorowski 1995 a, b, Dojczew i wsp. 1996, Subda i wsp. 1998 a, Zhang i wsp. 1998, Czubaszek 2001, Mielczak 2004, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005) wykazały, że produkty owsiane (rozmielone ziarno lub płatki, różne rodzaje otrąb i mąki) dodane do mąki pszennej jasnej powodują wzrost chłonności wody przez mieszanekę w porównaniu do mąki pszennej. Wielkość wzrostu zależy od udziału produktu, jego rodzaju i sposobu otrzymywania. Badania Czubaszek (2001) dowiodły większą chłonność mieszanek mąki pszennej typu 500 z otrębami owsianymi w porównaniu do mieszanek tej mąki z mąką owsianą. Krishnan i wsp. (1987) stwierdzili ponadto, że otręby o małych cząsteczkach (w ilości do 15%) korzystniej oddziałują na tę cechę niż otręby o większej granulacji. Wykazano również, że na wodochłonność mieszanek mąki pszennej z mąką owsianą (20%) wpływa obróbka hydrotermiczna ziarna owsa przed przemiałem (Zhang i wsp. 1998). Pozytywnie na tę cechę wpływa proces parowania ziarna lub kombinacja parowania i prażenia ziarna, a mąka z ziarna poddanego tylko prażeniu obniża wodochłonność.

Zastąpienie produktami owsianymi części mąki pszennej powoduje zmiany właściwości ciasta. Wprowadzenie do ciasta z jasnej mąki pszennej produktów owsianych takich jak otręby lub płatki, wydłuża czas rozwoju i stałości ciasta mieszanego w porównaniu z ciastem pszennym (D'Appolonia i Youngs 1978, Krishnan i wsp. 1987, Czubaszek 2001, 2006, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005). Przy czym ciasto z otrębami o dużej i średniej granulacji cząsteczek charakteryzuje się dłuższym czasem rozwoju i mniejszym rozmiękczeniem w porównaniu do ciasta z otrębami o drobnej granulacji (Krishnan 1987). Oddziaływanie mąki owsianej na właściwości ciasta nie jest jednoznaczne. Jedni autorzy (Czubaszek 2001, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005) twierdzą, że mąka owsiana w ilości 5–50% skraca czas rozwoju i stałości ciasta, inni (Kawka i Gąsiorowski 1995a) wyrażają pogląd, że ciasto zawierające 30% mąki owsianej ma krótszy czas rozwoju i dłużej utrzymuje konsystencję w porównaniu do ciasta pszennego. Zhang i wsp. (1998) zaobserwowali ponadto, że mąka z ziarna poddanego parowaniu w mniejszym stopniu niekorzystnie oddziałuje na właściwości ciasta niż mąka z ziarna prażonego. Wykazano również, że zmiany właściwości ciasta z jasnej mąki pszennej z dodatkiem produktów z owsa zależą nie tylko od właściwości produktów owsianych, lecz również od jakości użytej mąki pszennej (Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005). W badaniach ekstensograficznych udowodniono, że wzrost udziału w mieszance pszenno-owsianej produktów owsianych takich jak mąka, otręby czy

rozmielone płatki w zakresie od 5–20% powoduje zmniejszenie energii ciasta oraz jego oporu podczas rozciągania (Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005).

Prowadzone badania nad wykorzystaniem owsa w piekarstwie wykazały, że produkty owsiane wpływają na jakość pieczywa oraz jego cechy fizyczne. Stwierdzono, że przy niewielkich (5–10%) dodatkach produktów, takich jak mąka owsiana, rozdrobnione płatki czy ziarno owsa (Subda i wsp. 1998 a, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005, Czubaszek 2006), a także wysokobiałkowa mąka owsiana (3–6%) (Lapveteläinen i wsp. 1994), pieczywo pszenno-owsiane ma większą objętość niż pszenne. Wyższe udziały mąki, otrąb lub koncentratów białkowych powodują natomiast zmniejszenie wielkości bochenka chleba (D'Appolonia i Youngs 1978, Oomah 1983, Chen i wsp. 1988 a, b, Oomah i Lefkovitch 1988, Kawka i Gąsiorowski 1993, 1995 a, b, Zhang i wsp. 1998, Czubaszek 2001, Gambuś i wsp. 2001, 2003). To niekorzystne oddziaływanie produktów owsianych na objętość chleba można wyeliminować przez stosowanie glutenu pszennego lub bromianu potasu (Oomah 1983, Krishnan i wsp. 1987, Oomah i Lefkovitch 1988, Sosulski i Wu 1988, Flander i wsp. 2004).

Wprowadzenie produktów owsianych do receptury pieczywa wpływa także na właściwości miękiszu chleba. Wyniki, uzyskane przez Brümmera i wsp. (1988), Subdę i wsp. (1998 a) oraz Czubaszek (2001), wskazują, że struktura miękiszu chleba zawierającego mąkę, otręby, płatki lub kaszę owsianą jest mniej równomierna niż struktura chleba pszennego. Innego zdania są Kawka i Gąsiorowski (1993, 1995 a, b), którzy stosując do wypieku mieszanki mąki pszennej z mąką i otrębami owsianymi (20 i 30%) oraz z rozdrobnionymi płatkami lub śrutą owsianą (15–40%), uzyskali elastyczny miękisz o równomiernej porowatości. Także Seibel i wsp. (1991) uważają, że gdy udział kaszy owsianej, płatków lub gniecionego ziarna owsa w mieszankach z mąką pszenną jasną nie przekracza 20% miękisz chleba pszenno-owsianego ma odpowiednie właściwości. Według Gambuś i wsp. (1996) oraz Gambuś i Gibińskiego (2003) chleb z dodatkiem mąki owsianej już w dniu wypieku ma miękisz nieco twardszy i mniej elastyczny niż chleb pszeny. Dodatek otrąb natomiast powoduje wzrost twardości miękiszu, gdy ich ilość wynosi 7–10%, lecz nie zmienia jego elastyczności (Gambuś i wsp. 2001, 2003).

W ocenie pieczywa pszenno-owsianego często zwraca się uwagę na jego smakowość. D'Appolonia i Youngs (1978) stwierdzili, że chleb z otrębami owsianymi jest wyżej oceniany przez konsumentów, niż chleb z otrębami pszennymi. Brümmer i wsp. (1988), Kawka i Gąsiorowski (1995 a, b) uważają, że na smakowość pieczywa pszenno-owsianego korzystnie wpływa dodatek kwasu żytniego. Zakwas żytni, wprowadzony do ciasta pszennego z udziałem otrąb owsianych, wywołuje fermentację mlekową, która odpowiada za kształtowanie smaku pieczywa, a ponadto zapobiega rozwojowi szkodliwych mikroorganizmów (Degutyte-Fomins i wsp. 2002). Zwiększona kwasowość ciasta powoduje również inhibicję glukanazy, co zapobiega degradacji β -glukanów podczas wypieku i sprzyja zachowaniu większej ich ilości w gotowym pieczywie (Flander i wsp. 2003). Badania prowadzone przez Krishnana i wsp. (1987) wykazały, że cechy organoleptyczne pieczywa pszenno-owsianego mogą zależeć od granulacji użytych produktów owsianych. Wymienieni autorzy, oceniając pieczywo z mąki pszennej jasnej z 10 i 15% dodatkiem otrąb owsianych o różnej granulacji, stwierdzili, że w ocenie konsumenckiej wysoko oceniano chleb z 15% udziałem otrąb grubych i 10% udziałem otrąb średnich. Pieczywo zawierające otręby drobne uzyskało znacznie niższą ocenę.

Korzystną cechą pieczywa z udziałem produktów owsianych jest to, że długo zachowuje świeżość (Krishnan i wsp. 1987, Jankiewicz i wsp. 1993, Lapveteläinen i wsp. 1994, Kawka i Gąsiorowski 1995 a, b, Zhang i wsp. 1998, Gambuś i wsp. 2001, 2003, Meltzer 2005). Martin'a i wsp. (1991) oraz Gambuś (1997) uważają, że przyczyną czernienia chleba jest retrogradacja skrobi w jego miększu. Według Zhanga i wsp. (1998) oraz Salmenkallio-Marttila i wsp. (2004) wydłużenie okresu świeżości pieczywa pszenno-owsianego z udziałem mąki owsianej związane jest z większą zdolnością wiązania wody przez mąkę owsianą niż pszenną. Podwyższona wilgotność miększu powoduje, że obniża się stopień retrogradacji skrobi w miększu chleba. Zmniejszenie stopnia retrogradacji w chlebie pszenno-owsianym może być ponadto spowodowane wolniejszą retrogradacją skrobi owsianej w porównaniu z pszenną (Zhang i wsp. 1998).

2. CEL PRACY

Polska jest jednym z krajów o wysokiej produkcji owsa. Wyniki wielu badań wskazują, że zboże to charakteryzuje się wyższą wartością odżywczą niż pszenica czy żyto, ma także szczególne właściwości prozdrowotne. Wobec tego należy dążyć do zwiększenia wykorzystania ziarna owsa i jego produktów w przemyśle spożywczym, w tym także do produkcji pieczywa. W dotychczasowych badaniach nad przydatnością owsa do celów piekarskich oceniano właściwości mieszanek mąki pszennej z różnymi produktami owsianymi, takimi jak: rozdrobniona łuska, gniecione ziarno, kasze, płatki, śruta, mąka i otręby. Niemniej jednak przeważnie określano wpływ jednego rodzaju produktu lub kilku produktów pochodzących z różnych źródeł. Tylko nieliczne prace dotyczą porównania zmian parametrów pośredniej i bezpośredniej oceny wartości technologicznej mieszanek pszenno-owsianych powodowanych przez różne produkty otrzymane z jednego surowca. Produkty owsiane dodawano ponadto przede wszystkim do mąki pszennej jasnej, co pozwoliło stwierdzić, że mieszanki pszenno-owsiane z jej udziałem mają odmienne właściwości wypiekowe niż mąka pszenna. Mąki ciemne mają większą wartość odżywczą niż jasne. Pomimo to produkty owsiane, ze względu na swoje właściwości, mogą korzystnie wpływać zarówno na wartość odżywczą jasnej mąki pszennej, jak i ciemnej. W literaturze brak jest informacji dotyczących wpływu produktów owsianych na wartość technologiczną mieszanek sporządzonych z mąki pszennej-ciemnej.

W związku z powyższym podjęto badania, których celem było porównanie wpływu różnych produktów owsianych otrzymanych w warunkach laboratoryjnych z tego samego ziarna na wartość technologiczną mieszanek pszenno-owsianych z udziałem mąki pszennej jasnej i ciemnej.

Cel pracy realizowano poprzez wykonanie następujących zadań badawczych:

- charakterystyka jakościowa produktów owsianych i mąk pszennych,
- określenie wartości wypiekowej mąki pszennej i mieszanek pszenno-owsianych metodami pośrednimi;
- ocena jakości pieczywa pszennego i pszenno-owsianego.

3. MATERIAŁ BADAWCZY I JEGO PRZYGOTOWANIE

Materiał doświadczalny stanowiły produkty owsiane: mąka, otręby i śruta uzyskane w warunkach laboratoryjnych podczas przemiału mieszanki obłuszczonego ziarna 9 odmian owsa oplewionego: Bajka, Dragon, German, Góral, Jawor, Komes, Kwant, Skrzat, Sławko ze zbiorów w latach 1997–1999.

W doświadczeniach dotyczących wpływu laboratoryjnych produktów owsianych na wartość wypiekową mieszanek pszenno-owsianych zastosowano handlowe mąki pszenne: jasną – typ 500 i ciemną – typ 1850.

Otrzymywanie produktów owsianych w warunkach laboratoryjnych

Z ziarna owsa oplewionego (9 odmian) usuwano plewkę w obłuskiwaczu laboratoryjnym OL-1 (PZZ-Zakłady Remontowo-Montażowe w Szczytnie) (średnia wydajność łuski 24%). Następnie przygotowywano mieszanki ziarna owsa o jednakowym udziale wagowym ziaren z poszczególnych odmian i doprowadzano je do wilgotności 11%, co najmniej 24 godziny przed rozpoczęciem przemiału. Próbki ziarna rozdrabniano, wykonując jednostopniowy przemiał w młynie laboratoryjnym Quadrumat Junior (Brabender O.H.G.), a uzyskane mlewo przesiewano na sicie o wielkości oczek 265 μm . Frakcje mlewa o wielkości cząsteczek poniżej i powyżej 265 μm nazwano odpowiednio mąką i otrębami owsianymi. Średnia wydajność mąki owsianej wynosiła 51,8%, natomiast wydajność otręb owsianych kształtowała się na poziomie 48,2%.

Śrutę owsianą otrzymywano przez rozdrobnienie mieszanki obłuszczonego ziarna owsa w młynku laboratoryjnym W-Ż 1 (ZBPP Bydgoszcz). W otrzymanym produkcie udział frakcji o wielkości cząstek powyżej 265 μm wynosił 38%, a frakcja zawierająca cząstki o wielkości poniżej 265 μm stanowiła 62%.

Zgodnie z sugestiami Moltenberga i wsp. (1995) produkty owsiane przechowywano w temperaturze -20°C .

Sposób przygotowania mieszanek pszenno-owsianych

Do przygotowania mieszanek pszenno-owsianych wykorzystano produkty owsiane, otrzymane w opisany wyżej sposób, oraz handlową mąkę pszenną typ 500 lub typ 1850. Mąkę owsianą i otręby owsiane wprowadzano odpowiednio w ilościach 10, 20, 30, 40 i 50%, a śrutę owsianą w ilości 10, 20 i 30% w stosunku do całkowitej masy mieszanki.

W toku prowadzonych doświadczeń przebadano 78 mieszanek.

4. METODY BADAŃ

4.1. Określenie składu chemicznego produktów owsianych i mąki pszennej

Oznaczanie białka ogółem i jego składu frakcyjnego

Zawartość białka ogółem w produktach owsianych i mąkach pszennych oznaczono metodą Kjeldahla, stosując przelicznik $N \times 6,25$ dla produktów owsianych i $N \times 5,7$ dla próbek mąki pszennej (PN-75/A-04018).

Skład frakcyjny układu białkowego mąki, otrąb i śruty owsianej oraz mąki pszennej typ 500 i 1850 oznaczano, stosując metodę Bietza i Walla (1975). Metoda ta umożliwia wyodrębnienie, na drodze wielostopniowej eluacji, frakcji albumin jako ekstraktu w środowisku wodnym, globulin w 0,5 M roztworze chlorku sodu, prolamin w 70% etanolu i glutelin w 0,1 M roztworze kwasu octowego. Ilość białka w poszczególnych frakcjach oznaczano metodą biuretową (Krełowska-Kułas 1993). Uzyskane wyniki w procentach suchej masy przeliczono na procent białka ogółem. Zawartość białka nierozpuszczalnego, pozostałego w mące po ekstrakcji, obliczono z różnicy pomiędzy ilością białka ogółem a ilością białka w poszczególnych frakcjach.

Oznaczanie aktywności enzymów proteolitycznych

Aktywność enzymów proteolitycznych w produktach owsianych, mące pszennej typów 500 i 1850 określono zmodyfikowaną metodą Ayre-Andersona w sposób opisany przez Subdę (1984 a). W metodzie tej, jako dodatkowy substrat, stosowano hemoglobinę łatwo trawioną przez enzymy proteolityczne zbóż, a do aktywowania enzymów użyto L-cysteiny. Azot w trawionym materiale oznaczano metodą kolorymetryczną, w której zmiana barwy jest wynikiem reakcji biuretovej białka z jonami miedzi w środowisku zasadowym oraz redukcji odczynnika fenolowego Folina i Ciocalteu do błękitu fosfomolibdenowego przez tyrozynę i tryptofan wchodzące w skład białka. Za jednostkę aktywności przyjęto ilość μmoli tyrozyny powstałej z 1 g mąki w ciągu 1 minuty.

Oznaczanie zawartości skrobi

Zawartość skrobi w próbkach mąki, otrąb i śruty owsianej oraz mąki typów 500 i 1850 oznaczono metodą enzymatyczną (Lue i wsp. 1991). W metodzie tej skrobia ulega degradacji pod wpływem działania amyloglukozydazy, po czym kolorymetrycznie oznacza się ilość powstałych cukrów redukujących. Ogólną zawartość skrobi obliczono, stosując przelicznik glukoza $\times 0,9$.

Oznaczanie zawartości pentozanów

Zawartość pentozanów rozpuszczalnych w produktach owsianych i mąkach pszennych określono metodą anilinową zgodnie z instrukcją przedstawioną przez Subdę (1984 b). W metodzie tej pentozały poddaje się hydrolizie kwasowej w wysokiej temperaturze. Powstałą ksylozę oznacza się metodą kolorymetryczną, w której zmiana barwy jest wynikiem reakcji ksylozy z octanem aniliny. Pentozały ogółem oznaczano w ten sam sposób, co pentozały rozpuszczalne, stosując zamiast ekstraktu wodnego – 0,5 g (s.m) naważkę produktu owsianego lub mąki pszennej. Ilość pentozanów nierozpuszczalnych obliczono z różnicy pomiędzy zawartością pentozanów ogółem i pentozanów rozpuszczalnych.

Oznaczanie zawartości tłuszczu i składu kwasów tłuszczowych

Zawartość tłuszczu w badanym materiale oznaczono metodą AOAC (1995) za pomocą aparatu Soxhleta po wcześniejszej hydrolizie próbek roztworem HCl. Roztwór kwasu solnego sporządzano, mieszając kwas solny o $d = 1,19$ z wodą w proporcji 3:5 (v/v).

W wyekstrahowanym tłuszczu określono metodą chromatografii gazowej zawartość kwasów tłuszczowych. Analizowano estry metylowe kwasów tłuszczowych, wykorzystując chromatograf gazowy firmy Philips wyposażony w detektor płomieniowo-jonizujący. Rozdziału kwasów dokonano przy użyciu kolumny kapilarnej RTX-2330 o długości 105 m. Warunki oznaczenia były następujące: objętość nastrzyku – 0,001 cm³, temperatura nastrzyku – 230°C, temperatura detektora – 240°C, temperatura kolumny – 160°C/30min – 3°C/min – 180°C/17min – 5°C/min – 210°C/45 min, nośnik gazowy – hel. Do identyfikacji kwasów tłuszczowych posłużono się metodą wzorców. Na kolumnę chromatograficzną wprowadzano roztwór zawierający określoną ilość badanych kwasów tłuszczowych i standardu wewnętrznego – mieszaniny kwasów tłuszczowych (Supelco), a następnie porównywano czasy pojawienia się pików na chromatogramie. Interpretacja ilościowa polegała na wyznaczeniu współczynników korekcyjnych dla kwasów tłuszczowych w oparciu o chromatogramy roztworów standardowych, a następnie obliczeniu procentowej zawartości poszczególnych kwasów w analizowanych próbkach. Ich ilość podano w procentach kwasów tłuszczowych ogółem.

Oznaczanie popiołu całkowitego

Zawartość popiołu całkowitego w produktach owsianych i mąkach pszennych określono zgodnie z polską normą PN-ISO 2171:1994. Metoda ta polega na spopieleniu próbek w piecu muflowym w temperaturze 900°C i wagowym określeniu pozostałości.

Oznaczanie zawartości makro- i mikroelementów

Zawartość makro- i mikroelementów w próbkach mąki, otrąb i śruty owsianej oraz mąki pszennej typów 500 i 1850 oznaczano, wykorzystując polskie normy – PN-EN 13804:2003, PN-EN ISO 3946:2000 oraz metodę AOAC (1995).

Próbki mineralizowano na sucho w piecu muflowym w temperaturze 450°C (PN-EN 13804:2003). Otrzymany popiół przenoszono do kolb miarowych przy użyciu 2 M HNO₃. Zawartość pierwiastków takich jak sód (Na), potas (K), wapń (Ca) określano

metodą emisyjnej spektrometrii atomowej, a żelazo (Fe), magnez (Mg), cynk (Zn), miedź (Cu) i mangan (Mn) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej w płomieniu acetylen-powietrze (AOAC 1995). Oznaczenia prowadzono bezpośrednio z mineralizatu przy wykorzystaniu spektrometru absorpcji atomowej AA 240FS firmy Varion. Zawartość fosforu (P) określano metodą spektrofotometryczną przy użyciu spektrofotometru CECIL CE 2010 (PN-EN ISO 3946:2000).

Określenie jakości mąki pszennej

Jakość handlowej mąki pszennej jasnej i ciemnej oceniano na podstawie: zawartości białka ogółem, popiołu całkowitego, wydajności glutenu mokrego (PN-77/A-74041), liczby opadania (PN-ISO 3093:1996), właściwości reologicznych ciasta przy użyciu farinografu Brabendera (AACC 2000) oraz próbných wypieków laboratoryjnych metodą Biskupskiego (Karolini-Skaradzińska i wsp. 2001).

4.2. Określenie właściwości kleików owsianych, pszennych i pszenno-owsianych

Oznaczanie liczby opadania

W badanych próbkach produktów owsianych i mąki pszennej określono liczbę opadania metodą Hagberga-Pertena według PN-ISO 3093:1996. Metoda ta polega na skleikowaniu wodnej zawiesiny mąki i pomiarze prędkości upłynniania kleiku. Całkowity czas opadania mieszadełka stanowi liczbę opadania wyrażoną w sekundach.

Charakterystyka amylograficzna

Właściwości kleików przygotowanych z produktów owsianych, mąki pszennej jasnej i ciemnej oraz mieszanek pszenno-owsianych badano, wykorzystując amylograf firmy Brabender zgodnie z metodą opisaną przez Bhattya (1993). W metodzie tej stosowano 10% wodną zawiesinę próbek i hamowano aktywność enzymów amylolytycznych przez dodatek octanu rtęciowego. Z amylogramów wyznaczano początkową i końcową temperaturę kleikowania, maksymalną lepkość kleiku, lepkość po 30-minutowym przetrzymaniu w 95°C oraz lepkość po ochłodzeniu kleiku do 50°C.

4.3. Określenie właściwości ciast pszennych i pszenno-owsianych

Wodochłonność mąki i właściwości ciasta pszennego z mąki typów 500 i 1850 oraz z mieszanek pszenno-owsianych, sporządzonych zgodnie z opisanym wyżej sposobem, określano przy użyciu farinografu firmy Brabender zgodnie z procedurą AACC (2000). Wodochłonność mąki pszennej lub mieszanki pszenno-owsianej odczytywano z biurety, a z farinogramów wyznaczano czas rozwoju i stałości ciasta oraz czas do załamania i współczynnik tolerancji na mieszenie.

4.4. Wypiek laboratoryjny oraz określenie jakości pieczywa pszennego i pszenno-owsianego

Wypiek laboratoryjny pieczywa pszennego (mąka jasna i ciemna) oraz pieczywa mieszanego zawierającego odpowiednio 10, 20, 30, 40, 50% mąki lub otrąb owsianych, bądź 10, 20 i 30% śruty owsianej wykonano metodą Biskupskiego opisaną przez Karolini-Skaradzińską i wsp. (2001).

Ciasto zarabiano w mieszarce farinografu firmy Brabender o pojemności 300 g. Wodę o temperaturze 30°C dodawano z biurety w ilości potrzebnej do otrzymania ciasta o konsystencji 300 lub 250 BU. Konsystencję 300 BU stosowano w ciastach z mąki pszennej typu 500 i jej mieszanek z produktami owsianymi, a konsystencję 250 BU w ciastach z mąki pszennej typu 1850 i jej mieszanek z produktami owsianymi. Otrzymane ciasto fermentowało w foremkach w komorze fermentacyjnej (temperatura 30°C, wilgotność względna powietrza 85%). Czas fermentacji wstępnej wyniósł 90 min. Podczas trwania tej fermentacji stosowano dwukrotne przegniatanie ciasta: po 60 min i następnie po 30 min. Po drugim przegnieniu ciasto pozostawiano w komorze fermentacyjnej do osiągnięcia pełnego rozrostu i mierzono czas fermentacji końcowej. Wypiek prowadzono w piecu laboratoryjnym firmy Brabender w temperaturze 230°C przez 30 min.

Po 2 godzinach od wypieku ostudzone pieczywo pszenne i pszenno-owsiane poddawano ocenie jakościowej, uwzględniając:

- a) oznaczenie objętości bochenka w aparacie Sa-Wy (Jakubczyk i Haber 1983);
- b) oznaczenie nadpieku chleba, który obliczano na podstawie masy bochenka i ilości użytej do wypieku mąki (Jakubczyk i Haber 1983);
- c) ocenę porowatości miękiszu według tabeli Dallmanna (Jakubczyk i Haber 1983);
- d) ocenę organoleptyczną chleba zgodnie z normą PN-A-74108:1996. Oceniano takie wyróżniki jak: wygląd zewnętrzny bochenka, wygląd i grubość skórki, zabarwienie, elastyczność, porowatość i krajalność miękiszu oraz smak i zapach pieczywa. Zespół oceniający liczył 5 osób;
- e) teoretyczne oszacowanie wartości odżywczej pieczywa pszennego i pszenno-owsianego na podstawie składu recepturowego pieczywa i zawartości podstawowych składników w mące pszennej i mieszankach pszenno-owsianych. Obliczenia wykonano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 grudnia 2002 r. z późniejszymi zmianami w sprawie znakowania środków spożywczych i dozwolonych substancji dodatkowych.

Zawartość składników odżywczych w mieszankach pszenno-owsianych autorka oszacowała teoretycznie:

- na podstawie oznaczeń zawartości białka ogółem, tłuszczu i popiołu w suchej masie mąki, otrąb i śruty owsianej oraz mąki pszennej typów 500 i 1850 obliczono zawartość węglowodanów ogółem w tych produktach (z różnicy pomiędzy ilością suchej masy, a zawartością białka, popiołu i tłuszczu);
- uwzględniając zawartość podstawowych składników odżywczych (białka, węglowodanów ogółem, tłuszczu i popiołu) w produktach owsianych i mąkach pszennych oraz wielkość udziału tych produktów w poszczególnych mieszankach, oszacowano skład mieszanek pszenno-owsianych.

Wartość energetyczną, zawartość białka, węglowodanów ogółem i tłuszczu w chlebie pszennym i pszenno-owsianym obliczono na podstawie składu recepturowego chleba i oszacowanych zawartości wymienionych składników odżywczych w mące pszennej i mieszankach pszenno-owsianych, z których wypiekano pieczywo.

4.5. Statystyczna analiza wyników badań

Zróżnicowanie produktów owsianych i mąk pszennych pod względem składu chemicznego oraz cech amylograficznych, a także istotność wpływu na te cechy zmienności surowca w latach oceniono, wykorzystując dwuczynnikową analizę wariancji przy jednokierunkowej klasyfikacji. Przy testowaniu hipotez odnoszono średnie kwadraty poszczególnych zmienności do zmienności interakcji pomiędzy produktami i rokiem jako zmienności błędu. Zawartość tłuszczu, popiołu, mikro- i makroelementów oznaczano tylko w próbkach z ostatniego roku badań. W związku z tym do opracowania tych wyników nie można było zastosować obliczeń statystycznych.

Wyniki dotyczące wpływu produktów owsianych na właściwości kleiku, ciasta i chleba pszenno-owsianego opracowano statystycznie, wykorzystując metodę dwuczynnikowej analizy wariancji. Obliczenia wykonano osobno dla każdego typu mąki pszennej i każdego produktu owsianego. Źródłem zmienności był ilościowy udział produktu owsianego w mieszance oraz rok pochodzenia surowca. Przy testowaniu hipotez zmienność interakcji tych dwóch czynników pełniła rolę błędu.

W tabelach podano wartości $F_{\text{empirycznego}}$, a symbolem * oznaczono istotny wpływ danego źródła zmienności na wartości wyróżników jakościowych przy $P \geq 0,95$. Różnice pomiędzy wartościami średnimi określano na podstawie kryterium najmniejszej istotnej różnicy (NIR) oraz wyznaczano grupy jednorodne za pomocą testu Duncana (poziom istotności 0,05).

Aby wykazać zależności pomiędzy cechami wypiekowymi a czasem fermentacji końcowej ciasta, przeprowadzono obliczenia korelacji liniowej prostej.

Wszystkie obliczenia wykonano, wykorzystując program *Statgraphics 5.0 Softwear*.

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

5.1. Charakterystyka produktów owsianych i mąki pszennej

Produkcja pieczywa o gwarantowanej wysokiej jakości wymaga użycia surowców o dobrej wartości wypiekowej oraz przestrzegania ustalonych parametrów w procesie technologicznym. Podstawowym surowcem w piekarstwie jest mąka. Jej jakość jest uwarunkowana składem chemicznym. Z tego względu, oceniając przydatność mąki do wypieku chleba, określa się poziom zawartości składników chemicznych, zwłaszcza tych, które wywierają znaczący wpływ na cechy ciasta i pieczywa.

W badaniach własnych na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji wykazano, że produkty owsiane oraz mąki pszenne, istotnie różniły się pod względem ilości białka ogółem, składu frakcyjnego układu białkowego, zawartości skrobi, pentozańców rozpuszczalnych, nierozpuszczalnych i ogółem (tab. 1). Nieistotne było zróżnicowanie aktywności enzymów proteolitycznych. Stwierdzono również, że materiał badawczy oceniany w kolejnych latach był zróżnicowany pod względem ilości prolamin, białka nierozpuszczalnego, skrobi i pentozańców rozpuszczalnych.

Tabela 1

Table 1

Wartości $F_{\text{empirycznego}}$ składników zmienności w analizie wariancji cech chemicznych produktów owsianych i mąk pszennych
 F_{estimate} value for variations in variance analysis (ANOVA) of chemical traits of oat products and wheat flours

Cecha – Trait		Źródło zmienności Source of variation	Produkty owsiane i mąki pszenne Oat products and wheat flours	Lata Years
Białko ogółem – Total protein			19,8*	0,04
Frakcje białka Protein fractions	Albuminy – Albumins		5,1*	1,6
	Globuliny – Globulins		13,5*	1,6
	Prolaminy – Prolamins		1,7	5,2*
	Gluteliny – Glutelins		133,1*	0,4
	Białko nierozpuszczalne Insoluble protein		11,4*	4,8*
Aktywność enzymów proteolitycznych Proteolytic activity			3,3	1,1
Skrobia – Starch			181,3*	281,3*
Pento- zany Pento- sans	rozpuszczalne – soluble		22,3*	7,8*
	nierozpuszczalne – insoluble		9,8*	2,7
	ogółem – total		10,6*	3,2

* zmienność istotna przy $P \geq 0,95$ – significant variations at $P \geq 0,95$

Zawartość i skład frakcyjny białka ogółem w produktach owsianych i mąkach pszennych przedstawiono w tab. 2. Produkty owsiane istotnie różniły się zawartością białka ogółem, a poziom tego składnika wahał się w zakresie od 10,4% (mąka) do 16,5% (otręby). Mąki pszenne charakteryzowały się mniejszą niż w śrucie i otrębach, a większą niż w mące owsianej ilością białka ogółem, która wynosiła w mące jasnej i ciemnej odpowiednio 12,0 i 12,7%.

Tabela 2

Table 2

Wartości średnie zawartości białka i jego frakcji oraz aktywności proteolitycznej w produktach owsianych i mąkach pszennych

Mean values of protein and its fractions content and proteolytic activity in oat products and wheat flours

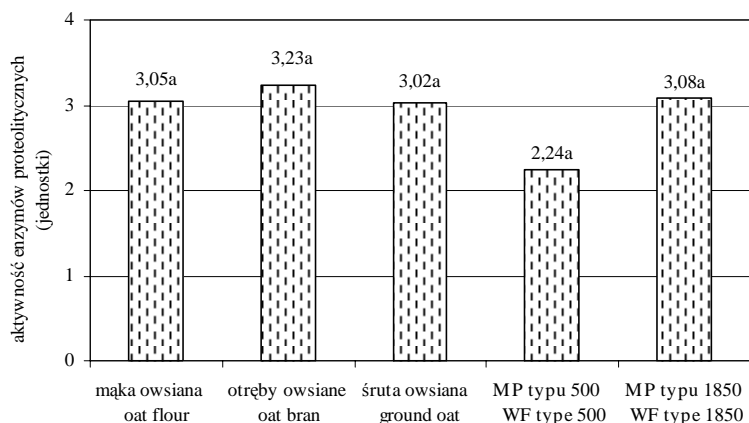
Produkty owsiane i mąki pszenne Oat products and wheat flour	Białko ogółem Total protein % s.m. % d.m.	Fracje białka (procent białka ogółem) Protein fractions (percent total protein)					białko nierozpuszczalne insoluble protein
		albuminy albumins	globuliny globulins	prolaminy prolamins	gluteliny glutelins		
Mąka owsiana Oat flour	10,4 d	11,5 b	7,7 bc	29,6 a	28,5 a	22,7 d	
Otręby owsiane Oat bran	16,5 a	20,0 a	10,5 a	23,9 a	2,6 d	43,0 bc	
Śruta owsiana Ground oat	13,8 b	12,2 a	9,5 ab	23,9 a	18,5 b	35,9 cd	
Mąka pszenna typu 500 Wheat flour type 500	12,0 cd	7,8 b	5,5 d	16,1 a	8,1 c	62,5 a	
Mąka pszenna typu 1850 Wheat flour type 1850	12,7 bc	9,5 b	6,0 cd	19,4 a	5,5 dc	59,6 ab	
NIR _{0,05} - LSD _{0,05}	1,6	6,8	1,9	r.n.	3,0	16,0	

a, b, c, d, – grupy jednorodnie wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous groups according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)

Oceniając skład frakcyjny białka badanych produktów owsianych i mąk pszennych, stwierdzono, że mąka, otręby i śruta owsiana zawierały więcej albumin i globulin w porównaniu z mąkami pszennymi (tab. 2). Największą ilością albumin i globulin charakteryzowały się otręby owsiane (odpowiednio 20,0 i 10,5%), a najmniejszą mąka pszenna typu 500 (odpowiednio 7,8 i 5,5%). Nie wykazano statystycznie istotnych różnic, pomiędzy badanymi produktami owsianymi i mąkami pszennymi w zawartości prolamin. Ich ilość w białku ogółem wahała się od 23,9 do 29,6% w produktach owsianych i od 16,1 do 19,4% w mąkach pszennych. Frakcję glutelin wymywano 0,1 M kwasem octowym. W produktach owsianych ilość tej frakcji białka była bardzo zróżnicowana. Najmniej glutelin zawierały otręby (2,6%), a najwięcej mąka owsiana (28,5%). W mące typu 500 ich zawartość kształtowała się na poziomie 8,1%, a w mące typu 1850 wynosiła 5,5%. Porównując produkty owsiane i mąki pszenne pod względem ilości białka nierozpuszczalnego, stwierdzono znacznie mniejszy udział tej frakcji w produktach owsianych niż w mąkach pszennych. Produkty owsiane w białku ogółem zawierały

od 22,7% (mąka owsiana) do 43,0% (otręby owsiane) białka nierozpuszczalnego, a w mąkach pszennych białko nierozpuszczalne stanowiło 62,5 i 59,6% białka ogółem (odpowiednio w mąkach typu 500 i 1850).

Na rys. 1 przedstawiono wyniki aktywności enzymów proteolitycznych występujących w produktach owsianych i mąkach pszennych. W produktach owsianych kształtowała się ona na poziomie od 3,02 (śruta) do 3,23 jednostki (otręby). Podobną aktywność enzymów proteolitycznych wykazywała mąka pszenna typu 1850 (3,08 jednostki). W mące pszennej typu 500 aktywność tych enzymów była nieco niższa i wynosiła 2,24 jednostki.



Rys. 1. Aktywność enzymów proteolitycznych w mąkach pszennych (MP) i produktach owsianych. Małymi literami oznaczono grupy jednorodności przy $P > 0,95$

Fig. 1. Proteolytic activity in wheat flours (WF) and oat products. Small letters – homogenous groups at $P > 0,95$

Składnikiem, którego produkty zbożowe zawierają najwięcej, jest skrobia. Przeciętna ilość tego węglowodanu w otrębach i śrucie owsianej była mała i wynosiła odpowiednio 44,2% i 49,2% (tab. 3). Mąka owsiana zawierała 54,5% skrobi. Podobną ilość skrobi, jak w mące owsianej, stwierdzono w mące pszennej ciemnej (56,9%). W mące pszennej jasnej, jak należało się spodziewać, było znacznie więcej skrobi niż w mące ciemnej, a jej zawartość kształtowała się na poziomie 70,3%.

Oprócz skrobi w produktach zbożowych znajdują się również inne węglowodany tak zwane polisacharydy nieskrobiowe. Do związków tych zalicza się między innymi pentozany. Najwięcej pentozanów ogółem zawierała mąka pszenna typu 1850 (5,87%) (tab. 3). Wysoka była także zawartość tych związków w otrębach i śrucie owsianej (odpowiednio 3,56 i 3,34%). Znacznie mniejsze ilości pentozanów ogółem stwierdzono w próbkach mąki pszennej typu 500 (1,65%) i mąki owsianej (1,36%). Wyniki zestawione w tab. 3 wskazują, że w produktach owsianych było znacznie mniej pentozanów rozpuszczalnych niż w mąkach pszennych. Ilość pentozanów rozpuszczalnych w produktach owsianych wahała się od 0,14% do 0,18%, a ich udział w pentozanach ogółem wynosił 4–11%. Zawartość tych substancji w mące typu 500 wynosiła 0,41% (25% pentozanów ogółem), a w mące typu 1850 – 0,38% (6,5% pentozanów ogółem).

Pentozany nierozpuszczalne, podobnie jak pentozany ogółem, w większych ilościach występowały w mące typu 1850 (5,49%) oraz w otrębach i śrucie owsianej (odpowiednio 3,20 i 3,38%). W mąkach: pszennej typu 500 i owsianej zawartość pentozanów nierozpuszczalnych wynosiła odpowiednio 1,24 i 1,21%.

Uzyskane laboratoryjnie produkty owsiane charakteryzowały się kilkakrotnie większą ilością tłuszczu niż handlowe mąki pszenne (rys. 2). Poziom tego składnika w otrębach owsianych wynosił 10,73%, a nieco mniej było go w śrucie (9,33%) i mące owsianej (7,62%). Mąki pszenne jasna i ciemna zawierały odpowiednio 1,24% i 2,33% tłuszczu.

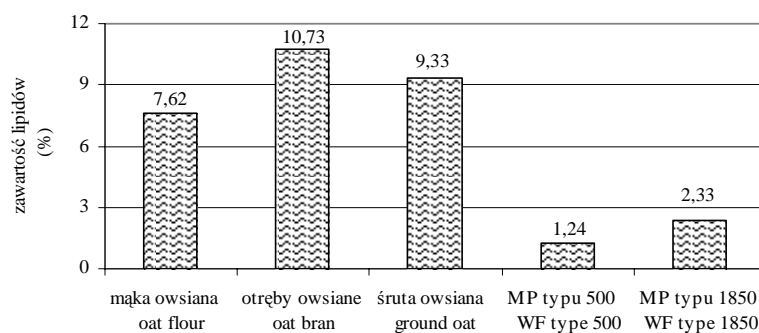
Tabela 3

Table 3

Wartości średnie zawartości skrobi i pentozanów w produktach owsianych i mąkach pszennych
Means value of pentosans and starch content in oat products and wheat flours

Produkty owsiane i mąki pszenne Oat products and wheat flours	Skrobia Starch % s.m. % d.m.	Pentozany Pentosans % s.m. % d.m.		
		ogółem total	rozpuszczalne soluble	nierozpuszczalne insoluble
Mąka owsiana Oat flour	54,5 b	1,36 d	0,15 b	1,21 c
Otręby owsiane Oat bran	44,2 d	3,34 bc	0,14 b	3,20 b
Śruta owsiana Ground oat	49,2 c	3,56 b	0,18 b	3,38 b
Mąka pszenna typu 500 Wheat flour type 500	70,3 a	1,65 cd	0,41 a	1,24 c
Mąka pszenna typu 1850 Wheat flour type 1850	56,9 b	5,87 a	0,38 a	5,49 a
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	2,4	1,82	0,09	1,85

a, b, c, d, – grupy jednorodnie wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous groups according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)



Rys. 2. Zawartość tłuszczu w mąkach pszennych (MP) i produktach owsianych
Fig. 2. Lipid content in wheat flours (WF) and oat products

Wyekstrahowany z produktów owsianych i mąk pszennych tłuszcz poddano analizie chromatograficznej, której wyniki przedstawiono w tabeli 4. Stwierdzono, że w mące, otrębach i śrucie owsianej oraz mąkach pszennych jasnej i ciemnej w największych ilościach występowały kwas oleinowy i linolowy. Wymienione kwasy w produktach owsianych miały podobny udział w ogólnej ilości kwasów tłuszczowych. W mąkach pszennych natomiast znacznie więcej było kwasu linolowego niż oleinowego. Udział kwasu oleinowego w produktach z owsa wahał się w zakresie od 37,89% (mąka owsiana) do 39,45% (otręby owsiane), a kwasu linolowego od 37,59% (mąka owsiana) do 37,87% (śruta owsiana). W tłuszczu mąki pszennej udział kwasu oleinowego kształtował się na poziomie 8,90% i 12,82% odpowiednio w mące typu 500 i typu 1850, a kwasu linolowego było 58,80% i 57,22%. Kolejnym pod względem ilości, nienasyconym kwasem tłuszczowym, w tłuszczu produktów owsianych i mąki pszennej był kwas α -linolenowy. Zawartość tego kwasu w produktach owsianych była mała i wynosiła 1,14% w mące, 1,33% w śrucie i 1,49% w otrębach. Tłuszcz mąki pszennej zawierał ponad dwa razy więcej kwasu α -linolenowego niż tłuszcz produktów owsianych (3,08% – mąka typ 500 i 3,73% mąka typ 1850). Określono także zawartość kwasów o konfiguracji *trans* w tłuszczu produktów owsianych i mąk pszennych. Okazało się, że w tłuszczu produktów owsianych występowały śladowe ilości kwasów tłuszczowych w konfiguracji *trans* (0,03–0,05%). W tłuszczu mąki pszennej jasnej i ciemnej kwasów o konfiguracji *trans* było kilkakrotnie więcej, a ich ilość utrzymywała się na poziomie odpowiednio 0,24% i 0,16%. Kwasy nasycone w składzie kwasów tłuszczowych badanych produktów stanowiły mniejszy udział niż kwasy nienasycone. Spośród nasyconych kwasów tłuszczowych w największej ilości występował kwas palmitynowy, którego ilość w produktach owsianych wahała się w granicach od 16,46% (otręby) do 18,45% (mąka), a w mąkach pszennych wynosiła od 22,25% (typ 1850) do 25,35% (typ 500). Udział kwasu stearynowego w ogólnej ilości kwasów tłuszczowych produktów owsianych wynosił od 1,54 (otręby) do 1,91% (mąka), a w mąkach pszennych typów 500 i 1850 odpowiednio 1,13 i 1,12%.

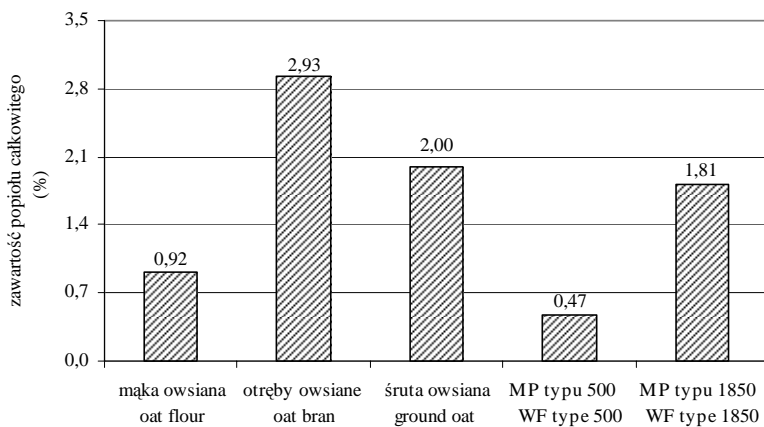
Składniki mineralne występujące w produktach spożywczych są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu, a produkty zbożowe są ich ważnym źródłem. Najwięcej składników mineralnych stwierdzono w otrębach i śrucie owsianej, w których poziom popiołu całkowitego wynosił odpowiednio 2,93 i 2,00% (rys. 3). Laboratoryjnie otrzymana mąka owsiana zawierała mało składników mineralnych (0,92%). Mąki pszenne cechowały się odpowiednią do typu ilością popiołu, która w mące typu 500 wynosiła 0,47%, a w mące typu 1850 – 1,81%.

W tabeli 5 przedstawiono zawartość mikro- i makroelementów w produktach owsianych i mąkach pszennych. Produkty owsiane znacznie różniły się pod względem zawartości oznaczanych pierwiastków. Najwięcej mikro- i makroelementów zawierały otręby owsiane, a następnie śruta owsiana. W mące owsianej, w porównaniu z otrębami i śrutą, było znacznie mniej mikro- i makroelementów. Charakteryzowała się ona także mniejszą ilością oznaczanych pierwiastków niż mąka pszenna typu 1850, ale większą niż mąka typu 500.

Tabela 4
Table 4

Skład kwasów tłuszczowych w produktach owsianych i mąkach pszennych
(procent ogólnej ilości kwasów tłuszczowych)
Fatty acid composition in oat products and wheat flours (percent of total fatty acid)

Produkty owsiane i mąki pszenne Oat products and wheat flours		Mąka owsiana Oat flour	Otręby owsiane Oat bran	Śruta owsiana Ground oat	Mąka pszenna typu 500 Wheat flour type 500	Mąka pszenna typu 1850 Wheat flour type 1850
C 16:0	palmitynowy palmitic	18,45	16,46	16,81	25,35	22,25
C 18:0	stearynowy stearic	1,91	1,54	1,86	1,13	1,12
Kwasy <i>trans</i> <i>Trans</i> acid		0,04	0,05	0,03	0,24	0,16
C 18:1, n-9	oleinowy oleic	37,89	39,45	38,81	8,90	12,82
C 18:2, n-6	linolowy linoleic	37,59	37,82	37,87	58,80	57,22
C 18:3, n-3	α -linolenowy α -linolenic	1,14	1,49	1,33	3,08	3,73
Pozostałe Others		2,98	3,19	3,29	2,50	2,70



Rys. 3. Zawartość popiołu całkowitego w mąkach pszennych (MP) i produktach owsianych
Fig. 3. Total ash content in wheat flours (WF) and oat products

Tabela 5
Table 5

Zawartość mikro- i makroelementów w produktach owsianych i mąkach pszennych
Contents of micro- and macroelements in oats products and wheat flours

Produkt Product	Pierwiastek Element	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	P	Mg	Na	K
	mg/100 g									
Mąka owsiana Oat flour		2,14	1,43	0,28	1,47	16,94	173,96	38,37	1,90	199,31
Otręby owsiane Oat bran		6,63	3,42	0,42	4,97	41,67	499,21	174,56	3,47	552,88
Śruta owsiana Ground oat		4,68	2,46	0,33	3,63	34,82	391,20	151,82	3,83	402,16
Mąka pszenna typu 500 Wheat flour type 500		0,72	0,39	0,09	0,22	12,69	67,82	10,61	2,21	159,11
Mąka pszenna typu 1850 Wheat flour type 1850		3,00	1,80	0,23	2,65	17,66	284,64	88,95	2,33	340,10
Zalecane dzienne spożycie w mg*		15	16	2–2,5	1–10	900	700	370	575–625	3500

* wg Gawęckiego i Hryniewieckiego (1998)

Ocena wartości technologicznej mąki pszennej

Handlowe mąki pszenne – jasna (typ 500) i ciemna (typ 1850) – zawierały odpowiednio 12,0 i 12,7% białka ogółem oraz 0,47 i 1,81% popiołu (tab. 6). W obu mąkach pszennych wydajność glutenu była jednakowa (26%). Liczba opadania wynosiła 247 i 278 s odpowiednio dla mąki jasnej i ciemnej. Znaczne różnice stwierdzono we właściwościach ciasta sporządzonego z obu mąk. Ciasto z mąki typu 1850, o dużym udziale cząstek okrywy owocowo-nasiennej, odznaczało się dłuższym czasem rozwoju i stałości oraz mniejszym współczynnikiem tolerancji na mieszenie w porównaniu do ciasta z mąki typu 500 (odpowiednio 4,0 min, 4,4 min i 40 BU oraz 1,1 min, 2,9 min i 65 BU). Przeprowadzony wypiek laboratoryjny wykazał, że chleby z mąki typu 500 charakteryzowały się większą objętością i mniejszym nadpiekiem niż chleby z mąki typu 1850.

Tabela 6

Table 6

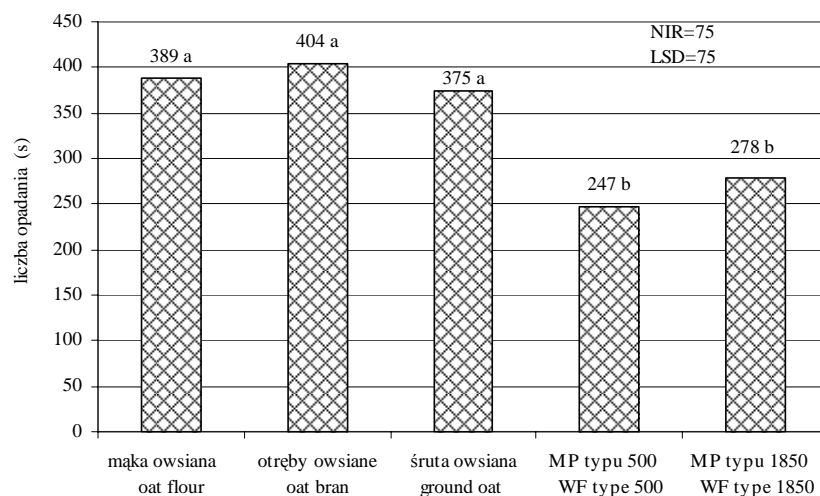
Wartości średnie parametrów określających wartość wypiekową mąki pszennej
Mean value of parameters defining baking value of wheat flours

Cecha jakościowa Quality traits	Jednostka Unit	Mąka pszenna typu 500 Wheat flour type 500	Mąka pszenna typu 1850 Wheat flour type 1850
Zawartość białka ogółem Total protein content	% s.m.	12,0	12,7
Zawartość popiołu ogółem Total ash content	% s.m.	0,47	1,81
Ilość glutenu mokrego Wet gluten content	%	26	26
Liczba opadania Falling number	s	247	278
Czas rozwoju ciasta Dough development time	min	1,1	4,0
Czas stałości ciasta Dough stability time	min	2,9	4,4
Współczynnik tolerancji na mieszenie Mixing tolerance index	BU	65	40
Objętość chleba ze 100 g mąki Bread volume from 100 g of flour	cm ³	508	385
Nadpiek chleba Bread overbake	%	42,1	47,7

5.2. Charakterystyka właściwości kleików owsianych i pszennych

Jednym z wyróżników powszechnie stosowanych do oceny jakości mąki przeznaczonej do wypieku chleba jest liczba opadania wyznaczana metodą Hagberga-Pertena. Udowodniono, że produkty owsiane odznaczały się istotnie ($p \geq 0,95$) wyższymi wartościami tej cechy w porównaniu do obu typów mąki pszennej (rys. 4). Średnia liczba opadania w skleikowanej zawieszynie otrąb owsianych wynosiła 404 s, mąki owsianej – 389 s, a śruty owsianej – 375 s. W mąkach pszennych wartości tej cechy kształtowały się na poziomie 247 s w mące typu 500 i 278 s w mące typu 1850.

Właściwości kleików pszennych i owsianych oceniono również za pomocą amylografu firmy Brabender. Stwierdzono istotne różnice lepkości kleików sporządzonych z produktów owsianych i mąk pszennych (tab. 7). Zróżnicowanie początkowej i końcowej temperatury kleikowania mąki, otrąb i śruty owsianej oraz obu mąk pszennych było statystycznie nieistotne, jednak zwrócono uwagę, że początkowa temperatura kleiku z otrąb owsianych była o 13°C niższa niż kleiku ze śruty owsianej i może to mieć znaczenie technologiczne (tab. 8). Używane w badaniach mąka i śruta owsiana oraz mąka pszenna typu 1850 zaczynały kleikować w temperaturze 82,8–83,8°C. W niższej temperaturze kleikowały natomiast otręby owsiane i mąka pszenna typu 500 (odpowiednio 70,8 i 77,8°C). Proces kleikowania wodnych zawiesin produktów owsianych kończył się w temperaturze od 90,7 do 93,8°C, a mąki pszennej jasnej i ciemnej w temperaturze 91,0 i 92,0°C.



Rys. 4. Średnie wartości liczby opadania mąki pszennej (MP) i produktów owsianych. Małymi literami oznaczono grupy jednorodności przy $P > 0,95$

Fig. 4. Mean values of falling number for wheat flour (WF) and oat products. Small letters – homogenous groups at $P > 0,95$

Tabela 7

Table 7

Wartości $F_{\text{empirycznego}}$ składników zmienności w analizie wariancji liczby opadania i cech amylograficznych produktów owsianych i mąki pszennej

F_{estimate} value for variations in variance analysis (ANOVA) of falling number and amylographics traits of oat products and wheat flours

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Temperatura początkowa kleikowania Initial temperature of gelatinization	Temperatura końcowa kleikowania Final temperature of gelatinization	Maksymalna lepkość kleiku Maximum viscosity	Lepkość po przetrzymaniu w 95°C Viscosity after holding in 95°C	Lepkość po ochłodzeniu do 50°C Viscosity after cooling to 50°C
Produkty owsiane i mąki pszenne Oat products and wheat flours	4	5,2	2,0	11,8*	43,1*	17,2*
Lata Years	1	1,6	0,1	2,8	5,9	7,5

* zmienność istotna przy $P \geq 0,95$ – significant variations at $P \geq 0,95$

Tabela 8

Table 8

Wartości średnie temperatur kleikowania produktów owsianych i mąki pszennej
Means values of gelatinization temperature of oat products and wheat flours

Produkty owsiane i mąki pszenne Oat products and wheat flours	Początkowa tempera- tura kleikowania Initial temperature of gelatinization °C	Końcowa tempera- tura kleikowania Final temperature of gelatinization °C
Mąka owsiana – Oat flour	82,8 a	91,0 a
Otręby owsiane – Oat bran	70,8 a	90,7 a
Śruta owsiana – Ground oat	83,8 a	93,8 a
Mąka pszenna typu 500 – Wheat flour type 500	77,8 a	91,0 a
Mąka pszenna typu 1850 – Wheat flour type 1850	82,8 a	92,0 a
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.

a – grupa jednorodna wyznaczona testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous group according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)

Maksymalne lepkości kleików z mąki, otrąb i śruty owsianej (odpowiednio 605, 710 i 530 BU) były znacznie wyższe niż kleików z mąki pszennej typu 500 (305 BU) i typu 1850 (165 BU) (tab. 9). Kleiki owsiane podczas przetrzymywania w temperaturze 95°C miały mniejszą wytrzymałość na działanie wysokiej temperatury niż pszenne. Ich lepkość ulegała zmniejszeniu o 195–250 BU, a kleików pszennych o 5 i 15 BU odpowiednio dla mąki pszennej typów 500 i 1850. Mimo to kleiki z produktów owsianych charakteryzowały się większą lepkością w temperaturze 95°C (335 BU – śruta owsiana, 380 BU – mąka owsiana, 460 BU otręby owsiane) niż kleiki z mąki pszennej (300 BU – typ 500 i 150 BU – typ 1850). Chłodzenie kleików do 50°C powodowało znacznie większy wzrost lepkości w kleikach owsianych (205–510 BU) niż w kleikach pszennych (100 i 185 BU).

Tabela 9

Table 9

Wartości średnie lepkości kleików z produktów owsianych i mąki pszennej
Means values of gel viscosity of oat products and wheat flours

Produkty owsiane i mąki pszenne Oat products and wheat flours	Maksymalna lep- kość kleiku Maximum viscosity BU	Lepkość po prze- trzymaniu w 95°C Viscosity after holding in 95°C BU	Lepkość po ochłó- dzeniu do 50°C Viscosity after cooling to 50°C BU
Mąka owsiana – Oat flour	605 a	380 b	585 b
Otręby owsiane – Oat bran	710 a	460 a	835 a
Śruta owsiana – Ground oat	530 ab	335 bc	845 a
Mąka pszenna typu 500 Wheat flour type 500	305 bc	300 c	485 bc
Mąka pszenna typu 1850 Wheat flour type 1850	165 c	150 d	250 c
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	255	68	237

a, b, c, d, – grupy jednorodne wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous groups according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)

5.3. Wpływ produktów owsianych na właściwości kleików pszenno-owsianych

Oceniając wpływ produktów owsianych na temperaturę kleikowania ich mieszanek z mąką pszenną, stwierdzono, że udział mąki owsianej w mieszankach z mąką typu 500 różnicował początkową temperaturę kleikowania, przy czym temperatura końcowa pozostawała bez zmian (tab. 10). W mieszankach z mąką typu 1850 temperatury kleikowania nie zmieniały się przy wzroście ilości tego produktu. Udział otrąb owsianych wpływał tylko na końcową temperaturę kleikowania mieszanek z mąką typu 500. Z kolei śruta owsiana powodowała zróżnicowanie początkowej temperatury kleikowania mieszanek sporządzonych z obu typów mąki pszennej oraz końcowej temperatury kleikowania mieszanek z mąką typu 500. Wykazano ponadto istotność zróżnicowania temperatury początkowej kleikowania mieszanek obu mąk pszennej z otrębami owsianymi i mąki typu 1850 z mąką owsianą oraz końcowej temperatury kleikowania mieszanek mąki typu 500 i otrąb owsianych ze względu na zmienność materiału doświadczalnego w kolejnych latach badań.

Tabela 10

Tabela 10

Wartości $F_{\text{empirycznego}}$ składników zmienności w analizie wariancji temperatur kleikowania mieszanek sporządzonych z mąki pszennej (MP) i produktów owsianych
 F_{estimate} value for variations in variance analysis (ANOVA) of gelatinization temperature of wheat flour (WF) and oat products blends

Produkt owsiany Oat product	Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Temperatura początkowa kleikowania Initial temperature of gelatinization		Temperatura końcowa kleikowania Final temperature of gelatinization	
			MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850
Mąka owsiana Oat flour	udział produktu owsianego participation of oat product	5	7,4*	0,7	1,6	1,5
	lata – years	2	3,9	7,4*	1,6	0,1
Otręby owsiane Oat bran	udział produktu owsianego participation of oat product	5	0,2	1,5	5,4*	1,1
	lata – years	2	7,1*	52,1*	10,7*	3,8
Śruta owsiana Ground oat	udział produktu owsianego participation of oat product	3	5,4*	15,0*	5,9*	0,5
	lata – years	2	2,2	4,0	0,2	0,9

* zmienność istotna przy $P \geq 0,95$ – significant variations at $P \geq 0,95$

Wyższa niż mąki pszennej typu 500 początkowa temperatura kleikowania mąki i śruty owsianej była przyczyną zwiększenia tego parametru w mieszankach z ich udziałem. Istotny wzrost o 2–3,5°C obserwowano przy 30% i większym udziale mąki owsianej oraz przy 20 i 30% udziale śruty owsianej (tab. 11). Zmiany początkowej temperatury kleikowania mieszanek mąki jasnej ze zróżnicowanym udziałem otrębów owsianych były nieistotne. Mąka pszenna typu 1850 odznaczała się wysoką początkową temperaturą kleikowania, dlatego też tylko śruta owsiana w ilości 20 i 30% powodowała, że proces kleikowania mieszanki zaczynał się w wyższej temperaturze (85,5 i 87,5°C) niż mąki pszennej (82,0°C). Dodatek produktów owsianych do mąk pszennych wpływał także na końcową temperaturę kleikowania. W mieszankach sporządzonych z mąki typu 500 i otrębów zmniejszała się ona o 1–2°C, natomiast w mieszankach ze śrutą owsianą ulegała zwiększeniu o 2°C przy 30% jej udziale. Mąka owsiana nie zmieniała tego parametru mieszanek z mąki typu 500. Mieszanki mąki typu 1850 z różną ilością produktów owsianych miały podobne końcowe temperatury kleikowania.

Tabela 11

Table 11

Wartości średnie temperatur kleikowania mieszanek sporządzonych z mąki pszennej (MP) i produktów owsianych
Means values of gelatinization temperature of wheat flour (WF) and oat products blends

Czynniki Factors		Cechy Traits	Temperatura początkowa kleikowania Initial temperature of starch gelatinization °C		Temperatura końcowa kleikowania Final temperature of starch gelatinization °C	
			MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850
Produkt owsiany Oat product	Udział produktu owsianego Participation of oat product %	0	78,5 c	82,0 a	91,0 a	91,5 a
		10	78,5 c	83,0 a	90,5 a	91,5 a
		20	80,0 bc	83,5 a	91,0 a	92,0 a
		30	80,5 ab	83,5 a	90,5 a	91,0 a
		40	81,0 ab	83,0 a	91,0 a	91,0 a
		50	82,0 a	82,0 a	90,0 a	88,0 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}			1,5	r.n.	r.n.	r.n.
Otręby owsiane Oat bran		0	78,5 a	82,0 a	91,0 a	91,5 a
		10	79,0 a	82,5 a	90,5 ab	91,0 a
		20	78,5 a	82,0 a	90,5 ab	91,0 a
		30	78,5 a	82,0 a	90,0 bc	90,5 a
		40	78,5 a	83,0 a	89,0 c	91,0 a
		50	79,0 a	82,0 a	89,5 c	90,5 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}			r.n.	r.n.	0,9	r.n.
Śruta owsiana Ground oat		0	78,5 b	82,0 c	91,0 b	91,5 a
		10	80,0 ab	84,5 bc	91,0 b	92,0 a
		20	82,0 a	85,5 ab	91,5 b	93,0 a
		30	82,0 a	87,5 a	93,0 a	93,5 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}			2,4	2,3	1,4	r.n.

a, b, c, d, e, f – grupy jednorodne wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous groups according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała, że maksymalna lepkość kleików, a także lepkość po przetrzymaniu w temperaturze 95°C i po ochłodzeniu do 50°C zależały od wielkości udziału mąki, otrąb i śruty owsianej w mieszankach z obiema mąkami pszennymi (tab. 12). Wymienione lepkości kleików zawierających mąkę lub otręby owsiane, zależały również od zmienności materiału doświadczalnego w latach. W przypadku zastąpienia mąki pszennej typu 500 śrutą owsianą zmieniała się tylko lepkość maksymalna. Kleiki z mieszanek tego produktu z mąką typu 1850 miały zróżnicowane wszystkie oznaczane lepkości w zależności od wielkości udziału oraz od zmienności lat.

W mieszankach sporządzonych z mąki jasnej lub ciemnej mąka owsiana w ilości 10–50%, powodowała wzrost maksymalnej lepkości kleiku o 40–190 BU (tab. 13). Parametr ten w mieszankach z mąką typu 500 sukcesywnie zwiększał się wraz ze zwiększeniem udziału mąki owsianej, natomiast w mieszankach z mąką pszenną typu 1850 istotne zmiany obserwowano przy 10, 30 i 50% udziale. Podczas 30-minutowego przetrzymywania w temperaturze 95°C lepkość kleików z 10% dodatkiem mąki owsianej wzrastała w stosunku do prób kontrolnych o 25 i 70 BU (odpowiednio dla mąki typów 500 i 1850), a kolejną istotną zmianę tego parametru stwierdzono, gdy udział mąki owsianej wynosił 30%. Większe ilości mąki owsianej (40 i 50%) nie powodowały dalszych znaczących zmian. Po ochłodzeniu kleików mieszanek mąki pszennej typu 500 i mąki owsianej do 50°C ich lepkość była większa niż kleiku pszennego i przy wszystkich stosowanych udziałach mąki owsianej podobna. Natomiast w kleikach z mąki typu 1850 lepkość po ochłodzeniu sukcesywnie zwiększała się wraz ze wzrostem ilości mąki owsianej. Odmiennie działanie mąki owsianej na lepkość po ochłodzeniu w mieszankach z mąką typów 500 i 1850 może być spowodowane większą różnicą lepkości po ochłodzeniu pomiędzy mąką owsianą i mąką typu 1850 niż mąką owsianą i mąką typu 500.

Zastępując otrębami owsianymi mąkę pszenną jasną przy 20% ich udziale, stwierdzono istotny wzrost lepkości maksymalnej, po przetrzymaniu w 95°C i po ochłodzeniu do 50°C (tab. 13). Wzrost ten postępował w miarę zwiększania udziału otrąb, a największą lepkością charakteryzowały się kleiki z 50% udziałem otrąb (480 BU – maksymalna, 360 BU – po przetrzymaniu, 640 BU – po ochłodzeniu). Wprowadzenie otrąb owsianych do mieszanek z mąką ciemną także powodowało zwiększenie lepkości maksymalnej ze 190 BU (0% – mąka typu 1850) do 330 BU (50% otrąb) oraz odpowiednio lepkości po przetrzymaniu w 95°C ze 180 do 280 BU i lepkości po ochłodzeniu z 300 do 490 BU.

Mieszanki obu mąk pszennych ze śrutą owsianą były w mniejszym stopniu zróżnicowane pod względem ocenianych lepkości niż mieszanki z mąką i otrębami. Nie stwierdzono różnic lepkości pomiędzy mieszankami z 10–30% udziałem tego dodatku (tab. 13). Maksymalna lepkość kleików pszennych zarówno z mąki typu 500, jak i 1850 była istotnie mniejsza w porównaniu z mieszankami pszenno-owsianymi z udziałem śruty. Lepkość po przetrzymaniu i po ochłodzeniu w odniesieniu do kleiku pszennego była większa tylko w mieszankach z mąki typu 1850.

Wprowadzenie do mąki pszennej produktów owsianych, o małej wytrzymałości kleików na działanie wysokiej temperatury i dużym wzroście lepkości podczas ochładzania ich, powodowało, że kleiki z mieszanek pszenno-owsianych w porównaniu z kleikami mąki pszennej szybciej ulegały hydrolizie podczas przetrzymywania w wysokiej temperaturze. Skutkowało to dużym zmniejszeniem lepkości kleiku po 30 min w temperaturze 95°C (tab. 13). Podczas ochładzania kleików z mieszanek pszenno-owsianych stwierdzono natomiast większy wzrost lepkości niż dla kleików pszennych. Większe zmiany lepkości obserwowano w mieszankach z mąką typu 500 niż w mieszankach z mąką typu 1850.

Tabela 12
Table 12

Wartości $F_{\text{empiryczne}}$ składników zmienności w analizie wariancji lepkości kleików z mieszanki mąki pszennej (MP) i produktów owsianych
 F_{estimate} value and for variations in variance analysis (ANOVA) of gel viscosity of wheat flour (WF) and oat products blends

Produkt owsiany Oat product	Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Maksymalna lepkość kleiku Maximum viscosity		Lepkość kleiku po przetrzymaniu w 95°C Viscosity after holding in 95°C		Lepkość kleiku po ochłodzeniu do 50°C Viscosity after cooling to 50°C	
			MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850
Mąka owsiana Oat flour	udział produktu owsianego of oat product	5	107,5*	109,6*	11,5*	16,1*	7,8*	20,0*
	lata years	2	40,4*	119,1*	22,1*	21,4*	16,0*	82,5*
Otręby owsiane Oat bran	udział produktu owsianego of oat product	5	20,7*	5,2*	7,5*	17,0*	12,0*	15,1*
	lata years	2	0,6	36,3*	5,8*	105,7*	0,7	118,4*
Śruta owsiana Ground oat	udział produktu owsianego of oat product	3	8,7*	2583,3*	1,1	11,1*	1,2	5,8*
	lata years	2	3,6	0,1	1,4	13,4*	1,6	6,8*

* zmienność istotna przy $P \geq 0,95$ – significant variations by $P \geq 0,95$

Tabela 13
Table 13

Wartości średnie lepkości kleików z mieszanki mąki pszennej (MP) i produktów owsianych
Means values of gel viscosity of wheat flour (WF) and oat products blends

Czynniki Factors	Cechy Traits	Maksymalna lepkość kleiku Maximum viscosity BU		Lepkość kleiku po przetrzymaniu w 95°C Viscosity after holding in 95°C BU		Lepkość kleiku po ochłodzeniu do 50°C Viscosity after cooling to 50°C BU		
		MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	
Produkt owsiany Oat product	Udział produktu owsianego Participation of oat product %	0	280 f	190 e	280 c	180 c	455 b	300 e
		10	330 e	230 d	305 b	250 b	510 a	370 d
		20	350 d	250 d	310 b	250 b	520 a	380 cd
		30	390 c	310 c	325 ab	280 ab	540 a	420 bc
		40	420 b	340 b	330 a	300 a	540 a	450 ab
		50	460 a	380 a	340 a	310 a	545 a	470 a
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		19	21	20	37	39	43	
Otręby owsiane Oat bran	0	280 d	190 d	280 d	180 d	455 e	300 e	
		325 cd	210 cd	310 cd	210 c	505 ed	340 ed	
		360 c	250 bcd	315 bc	230 bc	525 cd	380 cd	
		415 b	280 abc	330 abc	260 ab	570 bc	420 bc	
		440 ab	300 ab	345 ab	260 ab	600 ab	440 ab	
		480 a	330 a	360 a	280 a	640 a	490 a	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		52	74	33	29	61	56	
Śruta owsiana Ground oat	0	280 b	170 b	280 a	150 b	455 a	250 b	
		350 a	210 ab	285 a	180 ab	520 a	290 ab	
		355 a	240 a	305 a	200 a	495 a	320 a	
		370 a	250 a	310 a	210 a	495 a	330 a	
		60	45	r.n.	34	r.n.	65	
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		60	45	r.n.	34	r.n.

a, b, c, d, e, f – grupy jednorodnie wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous groups according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)

5.4. Wpływ produktów owsianych na właściwości ciasta pszenno-owsianego

Wodochłonność mąki pszennej i mieszanek pszenno-owsianych oraz właściwości ciasta pszennego i pszenno-owsianego określano przy użyciu farinografu firmy Brabender. Na podstawie analizy wariancji uzyskanych wyników, wykazano, że wodochłonność mieszanek mąki pszennej typów 500 i 1850 z otrębami lub śrutą owsianą zmieniała się w zależności od poziomu udziału produktu owsianego, jak i od zmienności materiału doświadczalnego w latach. W przypadku stosowania zróżnicowanego udziału mąki owsianej w mieszankach z mąką pszenną jasną i ciemną statystycznie istotny wpływ na tę cechę miała tylko zmienność lat (tab. 14). Udział produktów owsianych w masie ciasta pszennego wpływał także na zmianę czasu jego rozwoju i czasu do załamania oraz na zmianę współczynnika tolerancji na mieszenie. Czas stałości ciasta nie zależał od wielkości udziału produktów owsianych, lecz zmieniał się, gdy stosowano surowiec pochodzący z różnych lat zbioru.

Przeciętna wodochłonność mąk pszennych użytych w badaniach była wysoka i wynosiła 60,3 oraz 64,9% odpowiednio dla mąki pszennej typów 500 i 1850 (rys. 5). Zastąpienie części mąki pszennej typu 500 mąką owsianą (10–50%) powodowało nieistotne statystycznie zmiany wodochłonności. Niemniej jednak różnica wodochłonności pomiędzy próbą kontrolną a próbką zawierającą 50% mąki owsianej wynosząca 1,9% ma znaczenie technologiczne. Podczas stosowania mąki owsianej jako zamiennika mąki pszennej typu 1850 stwierdzono natomiast tendencję do zmniejszania wodochłonności przy wzroście ilości udziału. Wodochłonność mieszanki zawierającej 50% tego produktu (62,9%) była mniejsza o 2% od wodochłonności mąki pszennej typu 1850.

Otręby owsiane w mieszankach z mąką pszenną jasną lub ciemną przyczyniały się do wzrostu chłonności wody przez mieszankę. Wprowadzenie otrąb do mąki jasnej (typ 500) już w ilości 10% powodowało wzrost wodochłonności o 2,7% (rys. 5). Przy wyższym udziale tego produktu wzrost był jeszcze większy i wynosił 4,8; 7,7; 11,2 i 15,4% odpowiednio w mieszankach zawierających 20, 30, 40 i 50% otrąb. Podobna tendencja wystąpiła w odniesieniu do mieszanek mąki ciemnej (typ 1850) ze zróżnicowanym udziałem otrąb owsianych. Wodochłonność mieszanek zawierających 10% otrąb była o 2,6% większa niż mąki typu 1850, a mieszanka z 50% udziałem otrąb chłonęła o 9,9% więcej wody niż próba kontrolna (0%).

Wzrost chłonności wody przez mieszanki pszenno-owsiane zawierające śrutę owsianą, w porównaniu do próby kontrolnej, wynosił w przypadku mieszanek z mąką pszenną jasną 2,0; 3,0 i 4,9% odpowiednio przy 10, 20 i 30% udziale śruty. W mieszankach śruty owsianej z mąką pszenną ciemną wodochłonność zwiększała się o 1,8–3,5% (rys. 5).

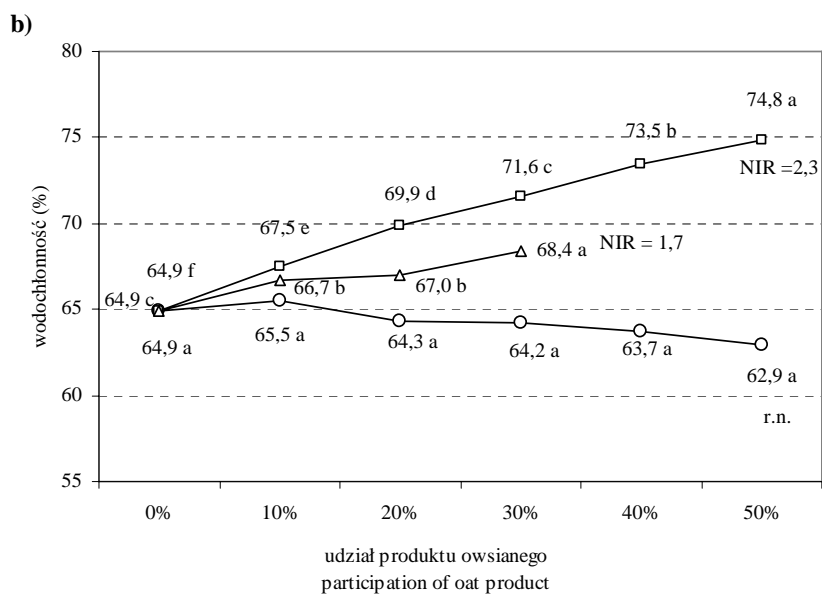
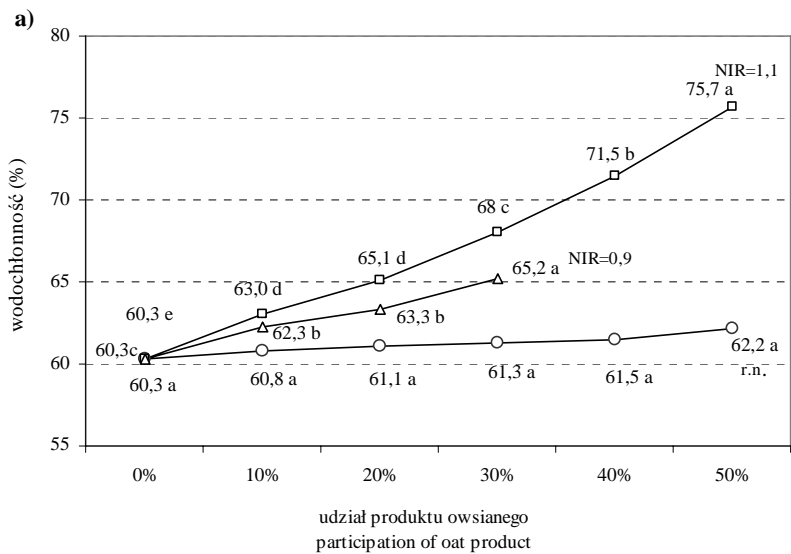
Ocena właściwości ciasta pszenno-owsianego z udziałem mąki owsianej wskazuje, że produkt ten w mieszance z mąką typu 500 powodował skrócenie czasu rozwoju ciasta. Statystycznie istotną różnicę pomiędzy ciastem pszennym i pszenno-owsianym wykazano jednak dopiero przy 50% jej udziale (tab. 15). Parametry takie jak stałość ciasta i czas do załamania się nie zmieniały. Natomiast współczynnik tolerancji na mieszenie przy 10–50% udziale mąki owsianej był zróżnicowany, przy czym w próbkach z 10–30% jej udziałem wartości były wyraźnie wyższe niż dla ciasta pszennego i pszenno-owsianego z 40 i 50% udziałem mąki owsianej. Zastąpienie mąką owsianą mąki pszennej typu 1850 nie zmieniało w istotny sposób czasu rozwoju i stałości ciasta.

Tabela 14
Table 14

Wartości $F_{\text{empiryczne}}$ – sładników zmienności w analizie wariancji cech farinograficznych ciasta otrzymanego z mieszanki mąki pszennej (MP) i produktów owsianych

Produkt owsiany Oat product	Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom		Wodochłonność mąki Water absorption of flour		Czas rozwoju ciasta Dough development time		Czas stałości ciasta Dough stability time		Czas do załamania Time to breakdown		Współczynnik tolerancji na mieszanie Mixing tolerance index	
		MP typu 500	MP typu 1850	MP typu 500	MP typu 1850	MP typu 500	MP typu 1850	MP typu 500	MP typu 1850	MP typu 500	MP typu 1850	MP typu 500	MP typu 1850
		WF type 500	WF type 1850	WF type 500	WF type 1850	WF type 500	WF type 1850	WF type 500	WF type 1850	WF type 500	WF type 1850	WF type 500	WF type 1850
Mąka owsiana Oat flour	udział produktu owsianego participation of oat product	5	5	1,7	0,8	8,3*	1,8	0,8	1,4	1,6	37,4*	4,9*	11,8*
	lata years	2	1	26,9*	20,3*	0,3	5,1	19,0*	20,6*	14,5*	25,2*	4,5*	4,3
Otręby owsiane Oat bran	udział produktu owsianego participation of oat product	5	5	59,5*	150,1*	18,3*	0,1	1,5	0,8	11,4*	5,4*	5,5*	21,7*
	lata years	2	1	12,5*	318,1*	0,2	0,2	1,0	0,3	4,1	2,5	3,2	14,4*
Śruta owsiana Ground oat	udział produktu owsianego participation of oat product	3	3	20,9*	47,0*	14,9*	1,0	2,2	2,3	8,4*	8,3	2,3	7,0
	lata years	2	1	31,0*	532,6*	0,8	7,3	1,6	117,3*	3,5	73,2*	2,1	0,1

* zmienność istotna przy $P \geq 0,95$ – significant variations at $P \geq 0,95$



—○— mąka owsiana – oat flour —□— otrzęby owsiane – oat bran —△— śruta owsiana – ground oat

Rys. 5. Wodochłonność mieszanek mąki pszennej: a) typu 500, b) typu 1850 z produktami owsianymi

Fig. 5. Water absorption of blends wheat flour: a) type 500, b) type 1850 with oat products

Zaobserwowano jednak tendencję skracania rozwoju z 4,0 do 3,0 min i stałości ciasta z 4,4 do 2,6 min odpowiednio dla ciasta pszennego i ciasta z udziałem 50% mąki owsianej. W cieście z mąki ciemnej (typ 1850) mąka owsiana znacząco osłabiała jego odporność na obróbkę mechaniczną, na co wskazują wartości czasu do załamania i współczynnika tolerancji na mieszenie. W miarę zwiększania ilości tego produktu czas do załamania ulegał skróceniu i wzrastał współczynnik tolerancji na mieszenie. Te niekorzystne zmiany obserwowano już przy 10% udziale mąki owsianej w mieszankach z mąką typu 1850 i postępowały one ze wzrostem ilości dodatku.

Inaczej niż mąka owsiana właściwości ciasta pszenno-owsianego zmieniał dodatek otrąb owsianych. W mieszankach z mąką pszenną typu 500 powodowały one wydłużenie rozwoju ciasta w porównaniu z ciastem kontrolnym (0%) (tab. 15). Istotną zmianę czasu rozwoju ciasta stwierdzono przy 20% i 40% udziale tego produktu w mieszance. Przy 50% udziale otrąb czas rozwoju ciasta wynosił 3,6 min i był dłuższy o 2,5 min od czasu rozwoju ciasta kontrolnego. Czas stałości ciasta z 10–50% udziałem otrąb owsianych nie ulegał statystycznie istotnym zmianom, zauważono jednak, że ciasta z mąki typu 500 zawierające 30% otrąb owsianych miały wartość tego parametru większą o 1,2 min w porównaniu z ciastem kontrolnym. Czas do załamania ciasta z mąki jasnej wynosił 4,5 min. Zastąpienie tej mąki 20% otrąb owsianych spowodowało, że czas do załamania wydłużył się do 6,7 min. Najdłuższą obróbkę mechaniczną wytrzymały ciasta z 30–50% udziałem otrąb owsianych (czas do załamania 7,0–8,2 min). Rozmiękczenie ciast uzyskanych z mąki typu 500 i otrąb było zróżnicowane. Ciasta z 10 i 50% udziałem otrąb ulegały większemu rozluźnieniu podczas mieszenia niż ciasta z mąki typu 500 (współczynniki tolerancji na mieszenie odpowiednio 85, 80 i 65 BU), a pozostałe ciasta z 20–40% udziałem otrąb miały podobną do ciasta pszennego wartość tego parametru. Właściwości farinograficzne ciasta z mąki typu 1850 pod wpływem dodatku otrąb zmieniały się inaczej niż właściwości ciasta z mąki typu 500. Otręby w mieszankach z mąką typu 1850 nie wpływały na czas rozwoju i stałości ciasta, a skracały czas do załamania i zwiększały współczynnik tolerancji na mieszenie (tab. 15).

Śruta owsiana oddziaływała na właściwości ciasta pszenno-owsianego z mąki typu 500, podobnie jak otręby owsiane. Przyczyniała się ona do wydłużenia procesu tworzenia się ciasta i zwiększenia wytrzymałości na obróbkę mechaniczną. Przy 30% udziale rozwój wydłużył się o 1 min, a czas do załamania o 4,0 min w porównaniu do ciasta pszennego. Nie wykazano istotnych zmian stałości i współczynnika tolerancji na mieszenie, ale można było zauważyć tendencję korzystnego oddziaływania śruty na wartości tych parametrów. Ciasta z mieszanek mąki typu 1850 ze śrutą owsianą miały podobne właściwości jak ciasto kontrolne.

Tabela 15
Table 15
Wartości średnie cech farinograficznych ciasta otrzymanego z mąki pszennej (MP) typu 500 i 1850 z dodatkiem produktów owsianych
Means values of farinograph traits of dough from wheat flour (WF) type 500 and 1850 with addition of oat product

Czynniki Factors	Cechy Traits		Czas rozwoju ciasta Dough development time min		Czas stałości ciasta Dough stability time min		Czas do załamania Time to breakdown min		Współczynnik tolerancji na mieszenie Mixing tolerance index BU	
	Produkt owsiany Oat product	Udział produktu owsianego Participation of oat product %	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850
Mąka owsiana Oat flour	0		1,1 ab	4,0 a	2,9 a	4,4 a	4,5 a	10,1 a	65 bc	40 c
	10		1,2 a	4,1 a	2,9 a	3,2 a	4,4 a	8,0 b	75 ab	60 b
	20		1,1 ab	3,2 a	2,4 a	3,4 a	3,7 a	7,5 b	85 a	70 ab
	30		1,0 ab	3,4 a	2,1 a	3,1 a	3,3 a	7,3 bc	80 ab	80 a
	40		0,9 bc	3,1 a	2,7 a	3,0 a	4,7 a	6,6 c	55 c	80 a
50		0,8 c	3,0 a	2,5 a	2,6 a	4,4 a	6,6 c	65 bc	85 a	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		0,2	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,8	15,2	17,9
Otręby owsiane Oat bran	0		1,1 e	4,0 a	2,9 a	4,4 a	4,5 c	10,1 a	65 bc	40 c
	10		1,6 de	4,2 a	3,3 a	2,3 a	5,2 c	7,4 b	85 a	70 b
	20		2,0 cd	4,2 a	2,8 a	3,0 a	6,7 b	7,9 b	60 c	70 b
	30		2,4 bc	4,5 a	4,1 a	2,4 a	8,2 a	7,6 b	50 c	85 a
	40		3,1 ab	4,3 a	3,3 a	2,0 a	7,9 ab	7,1 b	55 c	85 a
50		3,6 a	4,3 a	2,3 a	2,4 a	7,0 ab	7,2 b	80 ab	85 a	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		0,6	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	1,7	19,0	14,0
Śruta owsiana Ground oat	0		1,1 b	4,0 a	2,9 a	4,4 a	4,5 b	10,1 a	65 a	40 a
	10		1,1 b	4,3 a	3,9 a	3,5 a	5,4 b	8,9 a	60 a	60 a
	20		1,3 b	4,4 a	5,0 a	3,6 a	6,8 ab	9,0 a	40 a	55 a
30		2,1 a	4,9 a	5,0 a	4,1 a	8,5 a	9,8 a	45 a	65 a	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		0,5	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	2,5	r.n.	r.n.

a, b, c, d, e, f – grupy jednorodnie wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous groups according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)

5.5. Wpływ produktów owsianych na cechy jakościowe pieczywa pszenno-owsianego

Wyniki analiz wariancji zamieszczone w tabeli 16 dowodzą statystycznie istotnego zróżnicowania cech wypiekowych mieszanek obu mąk pszennych z mąką, otrębami i śrutą owsianą w zależności od udziału produktu owsianego. Stwierdzono również, że jakość pieczywa była uwarunkowana zróżnicowaniem materiału badawczego z kolejnych lat zbioru oraz zależała od interakcji pomiędzy udziałem produktu owsianego i rokiem zbioru.

Jednym z parametrów określanych podczas wypieku laboratoryjnego jest czas końcowej fermentacji ciasta. W badaniach własnych zmieniał się on w zależności od typu zastosowanej mąki pszennej, rodzaju produktu owsianego i jego ilości (tab. 16). Wyniki przedstawione na rys. 6 wskazują, że ciasta z mąki typu 500 fermentowały dłużej niż ciasta sporządzone z mąki typu 1850. Udział produktów owsianych w mieszance pszenno-owsianej powodował skrócenie czasu fermentacji końcowej ciasta, przy czym otręby i śruta oddziaływały na ten parametr w większym stopniu niż mąka owsiana. Czas, po którym ciasta z dodatkiem otrąb i śruty uzyskiwały dojrzałość piecową stanowił od 60–90% czasu fermentacji ciasta pszennego. Ciasta z udziałem mąki owsianej miały maksymalnie o 19% skróconą fermentację w stosunku do ciasta kontrolnego. Zastępując mąkę jasną (typ 500) otrębami i śrutą owsianą, istotne skrócenie czasu fermentacji końcowej uzyskiwano już w ilości 10%, a oddziaływanie mąki owsianej obserwowano przy udziale większym niż 20%. Czas fermentacji końcowej ciast z mąki typu 1850 ulegał istotnemu skróceniu przy 10–30% udziale śruty owsianej oraz 20–40% udziale mąki owsianej, ale brak było zróżnicowania tego parametru przy różnych ilościach wymienionych produktów. W przypadku stosowania otrąb owsianych w mieszance z mąką ciemną stwierdzono istotne zmniejszenie czasu fermentacji końcowej przy wzroście ich udziału. Ciasta sporządzone z mąki typu 1850 z 50% udziałem otrąb owsianych miały czas fermentacji średnio o około 17 min krótszy niż ciasta kontrolne.

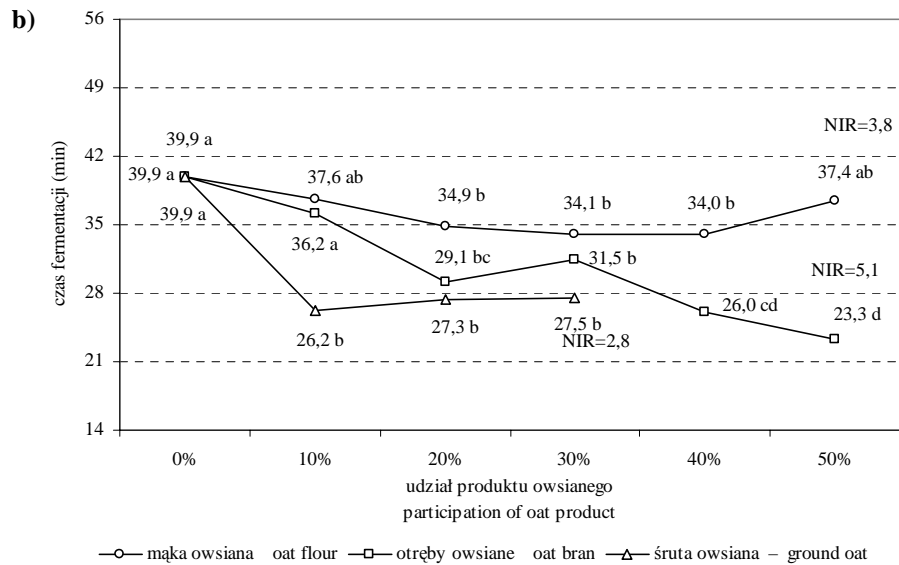
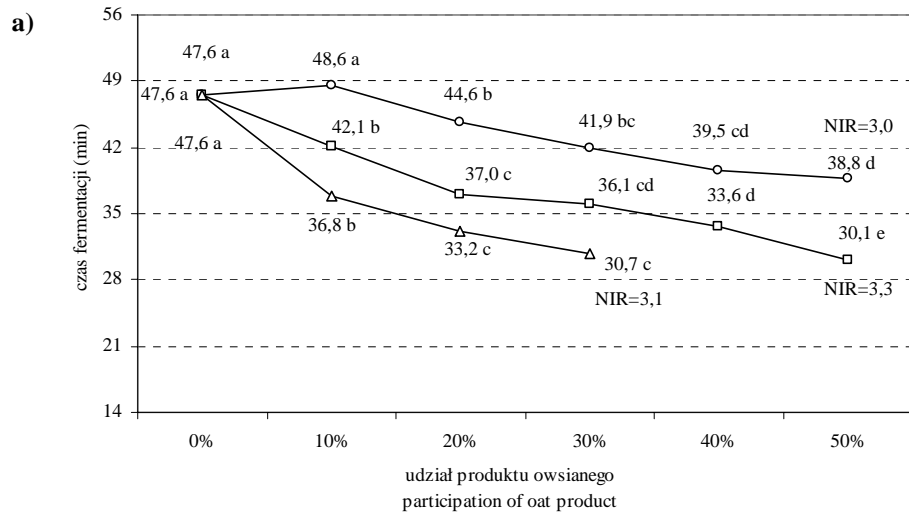
Po osiągnięciu pełnego rozrostu z ciasta wypiekano chleb, który oceniano między innymi pod względem objętości bochenka. Stwierdzono, że 10–30% udział mąki owsianej w mieszance z mąką typu 500 i 10–50% jej udział w mieszance z mąką pszenną typu 1850 nie powodował statystycznie istotnych zmian objętości chleba (tab. 17). Objętość pieczywa z mąki typu 500 z 10–30% udziałem mąki owsianej wahała się od 508,4 (kontrola) do 523,0 cm³ (10% mąki owsianej), a pieczywa z mąki typ 1850 od 385,2 (kontrola) do 414,3 cm³ (20% mąki owsianej). Wyniki te wskazują na tendencję wzrostu objętości pieczywa z mąki jasnej i ciemnej przy wymienionych dodatkach mąki owsianej. Zastąpienie mąki typu 500 mąką owsianą w ilości większej niż 30% skutkowało znacznym zmniejszeniem objętości (odpowiednio do 472,5 i 444,3 cm³).

Tabela 16
Table 16

Wartości $F_{\text{empiryczny}} F_{\text{estimate}}$ składników zmienności w analizie wariancji cech wypiekowych mieszanek mąki pszennej (MP) i produktów owsianych
 F_{estimate} value for variations in variance analysis (ANOVA) of baking traits of wheat flour (WF) and oat products blends

Produkt owsiany Oat product	Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Czas końcowej fermentacji ciasta Final fermentation time of dough		Objętość chleba ze 100 g mąki Bread volume from 100 g of flour		Nadpiek chleba Bread overbake		Współczynnik porowatości Porosity index		Ocena organoleptyczna Organoleptic evaluation	
			MP typu 500	WF typu 500	MP typu 1850	WF typu 1850	MP typu 500	WF typu 500	MP typu 1850	WF typu 1850	MP typu 500	WF typu 500
Mąka owsiana Oat flour	udział produktu owsianego participation of oat product	5	16,0*	3,4*	15,0*	1,8	1,0	6,0*	39,2*	59,1*	261,5*	1102,5*
	lata – years	2	5,2*	32,4*	2,5	123,3*	21,3*	25,0*	66,7*	26,1*	290,3*	630,3*
Otręby owsiane Oat bran	udział produktu owsianego participation of oat product	10	3,8*	2,2	5,5*	2,8*	1,5	1,1	5,8*	25,6*	54,1*	128,9*
	x lata x years	5	31,1*	13,8*	53,2*	48,3*	60,3*	33,2*	75,4*	165,6*	1432,5*	2170,6*
Śruta owsiana Ground oat	udział produktu owsianego participation of oat product	2	16,5*	43,0*	15,5*	252,1*	73,8*	126,0*	369,0*	65,0*	1011,8*	2551,0*
	lata – years	10	5,7*	1,9	4,1*	5,5*	1,4	2,6*	48,6*	82,4*	132,4*	360,0*
Śruta owsiana Ground oat	udział produktu owsianego participation of oat product	3	59,9*	56,0*	9,2*	12,0*	1,6	0,3	12,7*	89,8*	2016,2*	799,6*
	lata – years	2	13,8*	59,6*	2,3	73,1*	49,7*	2,4	6,9*	12,6*	610,4*	538,5*
Śruta owsiana Ground oat	udział produktu owsianego participation of oat product	6	5,7*	3,0	2,3	6,5*	0,8	0,3	2,6	51,0*	311,2*	201,6*
	x lata x years											

* zmienność istotna przy $P \geq 0,95$ – significant variations by $P \geq 0,95$



Rys. 6. Czas fermentacji końcowej ciast sporządzonych z mąki pszennej: a) typu 500, b) typu 1850 i produktów owsianych
 Fig. 6. Time of final fermentation of dough prepared with wheat flour: a) type 500, b) type 1850 and oat products

Wartości średnie cech wypiekowych mąki pszennej (MP) typu 500 i 1850 z dodatkiem produktów owsianych
Means values of baking traits of wheat flour (WF) type 500 and 1850 with addition of oat products

Czynniki Factors	Cechy Traits		Objętość chleba ze 100 g mąki Bread volume from 100 g of flour cm ³		Nadpiek chleba Bread overbake %		Współczynnik porowatości Porosity index punkty score		Ocena organoleptyczna Organoleptic evaluation punkty score	
	Udział produktu owsianego Participation of oat product %	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850	MP typu 500 WF type 500
Mąka owsiana Oat flour	0	508,4 a	385,2 a	42,1 a	47,7 a	88 a	90 a	39,3 b	39,7 a	39,7 a
	10	523,0 a	412,8 a	42,7 a	47,6 a	91 a	87 ab	39,7 a	39,7 a	39,7 a
	20	510,0 a	414,3 a	43,7 a	44,7 bc	88 a	83 bc	38,5 b	39,0 b	39,0 b
	30	520,2 a	409,9 a	41,8 a	47,1 ab	77 b	80 c	35,0 c	35,5 c	35,5 c
	40	472,5 b	403,3 a	41,9 a	44,3 cd	73 b	62 d	32,7 c	32,4 d	32,4 d
50	444,3 b	409,2 a	42,4 a	42,0 d	67 c	60 d	26,7 c	25,3 e	25,3 e	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		24,0	r.n.	r.n.	2,8	4,7	5,0	0,9	0,6	0,6
Otręby owsiane Oat bran	0	508,4 a	385,2 b	42,1 d	47,7 d	88 a	90 a	39,3 a	39,2 a	39,2 a
	10	501,7 a	397,9 a	42,9 d	48,1 d	90 a	83 b	39,5 a	39,2 a	39,2 a
	20	465,2 b	376,2 b	43,0 d	49,1 d	80 b	82 b	38,0 b	38,2 b	38,2 b
	30	412,6 c	353,9 c	47,1 c	52,2 c	80 b	62 c	31,0 c	30,5 c	30,5 c
	40	383,7 d	350,8 c	51,2 b	55,8 b	77 c	60 c	28,7 d	27,7 d	27,7 d
50	346,6 e	335,8 d	53,5 a	59,3 a	73 d	60 c	26,7 e	25,0 e	25,0 e	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		26,8	10,1	1,8	2,4	2,2	3,2	0,5	0,4	0,4
Śruta owsiana Ground oat	0	508,4 a	386,7 a	42,1 a	47,5 a	88 b	90 a	39,4 a	39,5 a	39,5 a
	10	482,8 ab	377,2 a	42,5 a	47,3 a	95 a	87 ab	38,9 a	39,3 a	39,3 a
	20	448,2 bc	352,5 b	42,1 a	44,3 a	87 b	83 b	36,9 b	37,4 b	37,4 b
30	417,2 c	352,0 b	43,5 a	41,0 a	78 c	65 c	30,3 c	31,2 c	31,2 c	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		41,9	16,5	r.n.	r.n.	6,2	3,8	0,3	0,4	0,4

a, b, c, d, e, f – grupy jednorodnie wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$) – homogenous groups according to Duncan's test ($P \geq 0,95$)

Pieczyno zawierające śrutę lub otręby odznaczało się mniejszą objętością niż pieczywo z mąką owsianą (tab. 17). Niemniej jednak zauważono, że przy 10% udziale śruty owsianej objętość chleba z obu typów mąki pszennej nie zmieniała się w odniesieniu do chlebów kontrolnych (0%). Otręby owsiane natomiast w ilości 10% nie zmieniały objętości chleba z mąki typu 500 i przyczyniły się do zwiększenia o 12,7 cm³ objętości chleba z mąki typu 1850 w porównaniu z chlebem kontrolnym. Większy niż 10% udział otrąb i śruty owsianej w mieszankach pszenno-owsianych otrzymanych z mąki jasnej i ciemnej istotnie zmniejszał objętość bochenków. Niekorzystne oddziaływanie otrąb i śruty owsianej na objętość chleba było większe w mieszankach z mąką typu 500 niż w mieszankach z mąką typu 1850, o czym świadczą różnice w wartościach otrzymanych dla próby kontrolnej i chleba z ich udziałem. Pieczywo z mąki typu 500 zawierające 50% otrąb miało objętość mniejszą od chleba kontrolnego o 161,8 cm³, a pieczywo z mąki typu 1850 – o 49,4 cm³. Przy 30% dodatku śruty wartości te wynosiły odpowiednio 91,2 i 34,7 cm³.

Stwierdzono, że nie tylko objętość, ale również nadpiek chleba ulegał istotnym zmianom w zależności od rodzaju i udziału produktu owsianego oraz użytej mąki pszennej (tab. 17). Mąka owsiana, nie powodowała zmian nadpieku chleba wypieczonego z mieszanek pszenno-owsianych z udziałem mąki typu 500, lecz w mieszankach z mąką typu 1850 wzrost jej udziału skutkował zmniejszeniem wartości tej cechy (47,7% – kontrola, 42,0% – mieszanka z 50% mąki owsianej).

Korzystnie na nadpiek chleba oddziaływały otręby owsiane. Zastępując nimi obie mąki pszenne, stwierdzono statystycznie istotne zmiany przy 30% ich udziale (o 5% dla mąki typu 500 i o 4,5% dla mąki typu 1850) (tab. 17), a największym nadpiekiem charakteryzowały się chleby z 50% udziałem otrąb owsianych (53,5% – mąka typ 500, 59,3% – mąka typ 1850).

Wzrost udziału śruty owsianej w mieszankach pszenno-owsianych w zakresie 10–30% nie miał istotnego wpływu na nadpiek chlebów z mąki pszennej jasnej i ciemnej. Zauważono jednak, niekorzystne z technologicznego punktu widzenia, zmniejszenie wartości tej cechy występujące przy 20 i 30% udziale śruty owsianej w mieszankach z mąką typu 1850 (odpowiednio o 3,2 oraz 6,5% w odniesieniu do próby kontrolnej) (tab. 17).

Obliczenia korelacji liniowej prostej pozwoliły stwierdzić, że objętość chlebów pszenno-owsianych z mąki typu 500, zawierających mąkę, otręby lub śrutę owsianą zmniejszała się wraz ze skróceniem czasu fermentacji ciasta (współczynniki korelacji od 0,81 do 0,84) (tab. 18). Natomiast pieczywo z mąki typu 1850 i mąki owsianej przy krótszym czasie fermentacji uzyskiwało większą objętość bochenka ($r = -0,69$). Wykazano również ujemną korelację pomiędzy czasem fermentacji ciasta a nadpiekiem chleba otrzymanego z obu mąk pszennych z dodatkiem otrąb owsianych.

Określając jakość chleba, zwraca się uwagę na strukturę jego miękkiszu. W celu cyfrowego ujęcia oceny porowatości miękkiszu stosuje się skalę Dallmanna. Chleby pszenne z mąki typów 500 i 1850 charakteryzowały się równomiernym miękkiszem. Średnie współczynniki porowatości ich miękkiszu były wysokie i wynosiły odpowiednio 88 i 90 (tab. 17). Oceniając wpływ dodatku produktów owsianych na tę cechę, stwierdzono, że mąka owsiana zastosowana w ilości do 20% nie zmieniała istotnie struktury miękkiszu chleba zarówno z mąki pszennej jasnej, jak i ciemnej, lecz większe jej udziały pogarszały porowatość. Współczynnik porowatości miękkiszu pieczywa z mąki typu 500 przy

50% udziale mąki owsianej obniżał się do 67 punktów, a w chlebach z mąki typu 1850 do 60 punktów. Otręby owsiane, w większym stopniu niż mąka owsiana, niekorzystnie oddziaływały na strukturę miękiszu. W mieszankach z mąką typu 500 pogorszenie porowatości następowało przy 20% ich udziale (80 punktów), a w przypadku mąki typu 1850 już 10% udział otrębów owsianych obniżał ocenę tej cechy (83 punkty). Większe niż 20% udziały otrębów w mieszankach z mąką jasną i ciemną powodowały dalsze niekorzystne zmiany struktury miękiszu chleba. Wraz ze wzrostem ilości otrębów miększy cechował się coraz bardziej nierównomierną porowatością i zbitą strukturą. Chleb z 10% udziałem śruty owsianej wypieczony z mieszanki mąki typu 500 cechował się lepszą strukturą miękiszu chleba (95 punktów) niż chleb kontrolny (88 punktów), a przy 20% udziale ocena miękiszu chleba była podobna jak chleba kontrolnego. W mieszankach z mąką ciemną 10% udział śruty owsianej nie zmieniał oceny porowatości miękiszu chleba pszenno-owsianego w porównaniu do chleba pszennego. Natomiast przy 20% udziale tego produktu współczynnik porowatości ulegał obniżeniu o 7 punktów w porównaniu do chleba pszennego. Przeciętna ocena miękiszu chlebów z 30% udziałem śruty owsianej wynosiła 78 (mąka typu 500) i 65 punktów (mąka typ 1850). Zwrócono uwagę, że przy udziale produktów owsianych od 30% wzwyż w mieszankach z mąką typu 1850, porowatość miękiszu chleba stawała się nierównomierna, drobna i grubościenna, a zbity miększy miał tendencję do kruszenia się i pęknięć. W pieczywie uzyskanym z mieszanki mąki jasnej (typ 500) występowało pęknięcie i kruszenie się miękiszu obserwowano sporadycznie przy dodatkach większych niż 30%.

Tabela 18

Table 18

Istotne* współczynniki korelacji liniowej prostej pomiędzy czasem fermentacji końcowej i cechami wypiekowymi mieszanek pszenno-owsianych

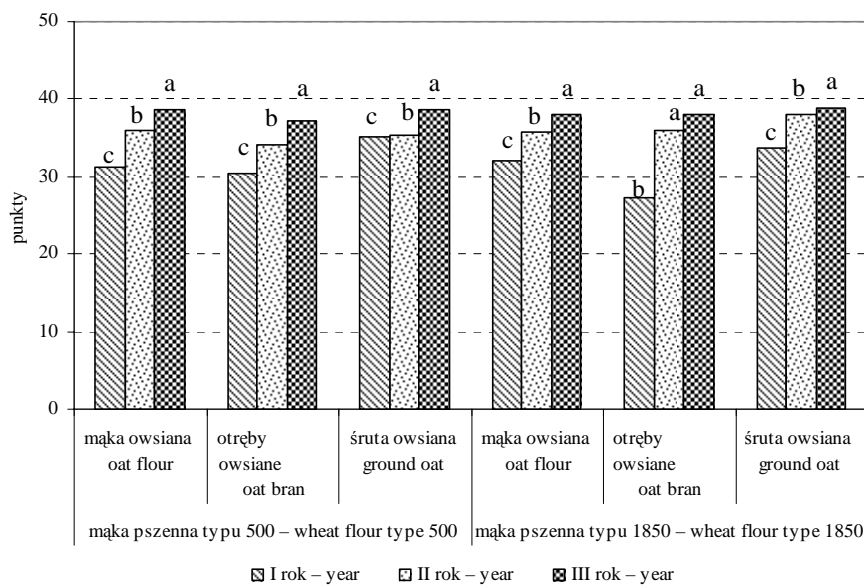
Significant* coefficient of linear correlation among final fermentation time of dough and baking traits of wheat – oat blends

Cecha Trait	Produkt owsiany Oat product	Czas końcowej fermentacji ciasta Final fermentation time of dough	
		MP typu 500 WF type 500	MP typu 1850 WF type 1850
Objętość chleba ze 100 g mąki Bread volume from 100 g of flour	mąka flour	0,82	-0,69
	otręby bran	0,84	
	śruta ground	0,81	
Nadpiek chleba Bread overbake	mąka flour		
	otręby bran	-0,50	-0,59
	śruta ground		

* $p \geq 0,95$, mąka i otręby owsiane $n = 18$, śruta $n = 12$
 $p \geq 0,95$, oat flour and bran $n = 18$, ground oat $n = 1$

Stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału produktów owsianych w mieszankach z mąką pszenną jasną i ciemną malała liczba punktów uzyskanych w ocenie organoleptycznej pieczywa pszenno-owsianego (tab. 17). Na każdym poziomie udziału produktu owsianego pieczywo zawierające mąkę owsianą oceniano wyżej niż pieczywo z otrębami i śrutą owsianą. Dla chlebów pszenno-owsianych wypieczonych z mieszanek o 10% udziale produktów z owsa różnica w ocenie punktowej w porównaniu z chlebami pszennymi nie była istotna. Wysoko oceniono także pieczywo mieszane z mąki typów 500 i 1850 zawierające 20% mąki, otrąb i śruty owsianej (39,0–36,9 punktu) oraz 30% mąki owsianej (35,0–35,5 punktu). Ocenę poniżej 30 punktów otrzymało pieczywo zawierające 50% mąki owsianej oraz 40 i 50% otrąb owsianych w mieszankach z mąką jasną oraz ciemną.

Wykazano ponadto, że jakość pieczywa była istotnie zróżnicowana w kolejnych latach prowadzonych badań. Chleby wypiekane z materiału doświadczalnego w pierwszym roku, w którym to w lipcu odnotowano bardzo duże opady, odznaczały się gorszą jakością niż chleby z lat następnych (rys. 7). Na obniżenie średniej wartości oceny organoleptycznej pieczywa wpłynęła zmiana smaku, z właściwego dla pieczywa pszennego na gorzki, przy dodatku 30–50% wszystkich trzech produktów owsianych.

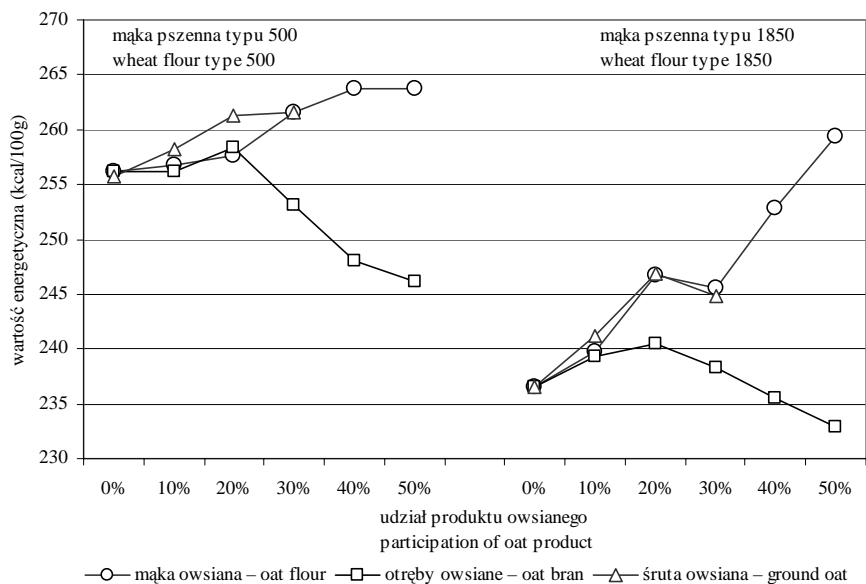


Rys. 7. Ocena organoleptyczna pieczywa pszenno-owsianego uzyskiwanego w kolejnych latach badań

Fig. 7. Organoleptic evaluation of wheat-oat bread baked in following years of investigations

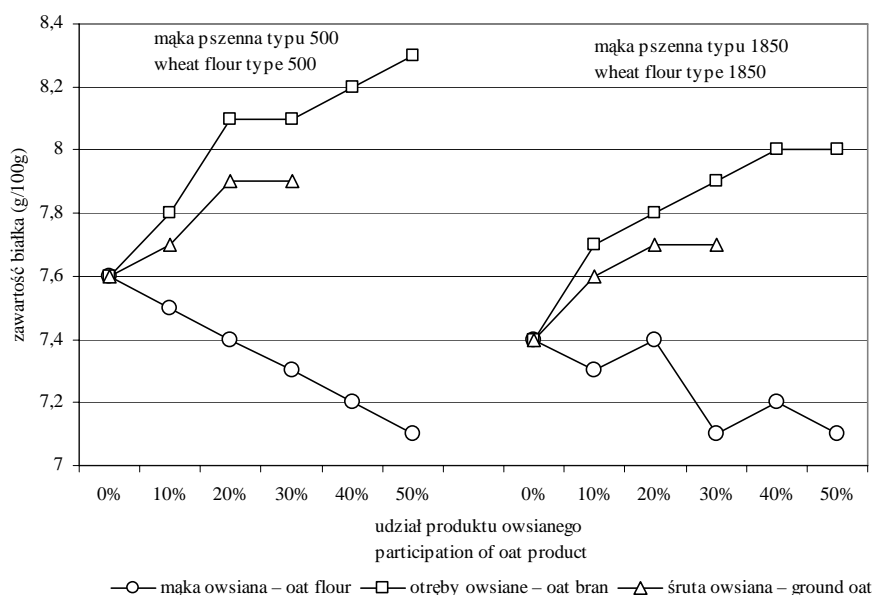
5.6. Wartość odżywcza pieczywa pszennego i pszenno-owsianego

Wartość energetyczna 100 g pieczywa z mąki typu 500 kształtowała się na poziomie 256 kcal, a pieczywa z mąki typu 1850 była niższa o 20 kcal i wynosiła 236 kcal (rys. 8). Produkty owsiane jako zamienniki mąki pszennej jasnej lub ciemnej wyraźnie wpłynęły na zmianę wartości energetycznej pieczywa. Zróżnicowany udział mąki owsianej w mieszankach z mąką typów 500 oraz 1850 powodował zwiększenie wartości energetycznej pieczywa pszenno-owsianego. Wzrost wartości energetycznej w pieczywie z mąki jasnej z 10–50% udziałem mąki owsianej był mały i maksymalnie wynosił 8 kcal (50% mąki owsianej), a w pieczywie z mąki ciemnej większy i przy 50% udziale mąki owsianej wynosił 23 kcal. Zastosowanie otrębów owsianych w ilości 10 i 20% nieznacznie zwiększało wartość energetyczną pieczywa z obu rodzajów mąki pszennej. Przy większych udziałach tego produktu owsianego następowało zmniejszanie wartości energetycznej pieczywa pszenno-owsianego w stosunku do pszennego. Przy 50% udziale otrębów wartość energetyczna była mniejsza o 10 kcal dla chleba z mąki typu 500 i o 4 kcal dla pieczywa z mąki typu 1850. Śruta owsiana w mieszankach z mąką typów 500 i 1850 powodowała podobny wzrost wartości energetycznej jak podczas stosowania w mieszankach mąki owsianej. Przyczyną zwiększania wartości energetycznej pieczywa pszenno-owsianego pod wpływem wzrostu udziału produktów owsianych jest znacznie większa zawartość tłuszczu w tych produktach w porównaniu z mąkami pszennymi. Natomiast zmniejszenie kaloryczności pieczywa z dużym udziałem otrębów owsianych może być związane ze znaczną wodochłonnością tych mieszanek i wysoką wydajnością pieczywa z nich otrzymanego.



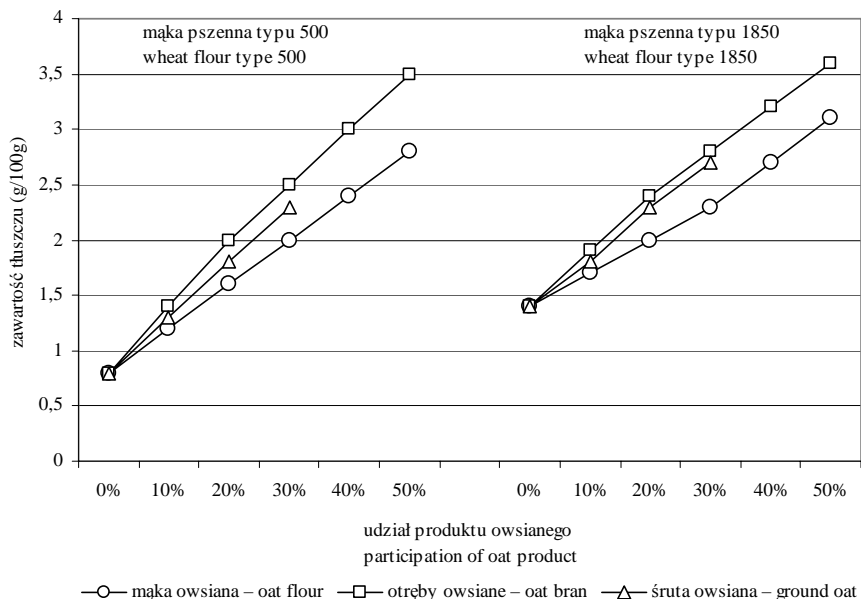
Rys. 8. Wartość energetyczna chleba pszennego i pszenno-owsianego
Fig. 8. Energetic value of wheat and wheat-oat bread

Produkty owsiane w mieszankach z mąką pszenną jasną i ciemną powodowały zmiany zawartości białka w pieczywie pszenno-owsianym w stosunku do pieczywa pszennego. Zastąpienie mąki pszennej otrębami lub śrutą owsianą zwiększało ilość białka w pieczywie, przy czym pieczywo z otrębami miało większą zawartość białka niż pieczywo ze śrutą (rys. 9). Największą ilością tego składnika cechowało się pieczywo z mąki typu 500 z 50% udziałem otrąb (8,3 g/100 g). Dodatek mąki owsianej oddziaływał inaczej, niż otręby i śruta, na zmiany zawartości białka w pieczywie pszenno-owsianym. Jej zwiększający się udział w mieszankach z mąką typów 500 i 1850 przyczyniał się do zmniejszenia ilości białka w chlebie. Stwierdzono ponadto, że pieczywo wypieczone z mieszanek mąki jasnej lub ciemnej z 50% udziałem mąki owsianej miało taką samą zawartość białka (7,1 g/100 g).



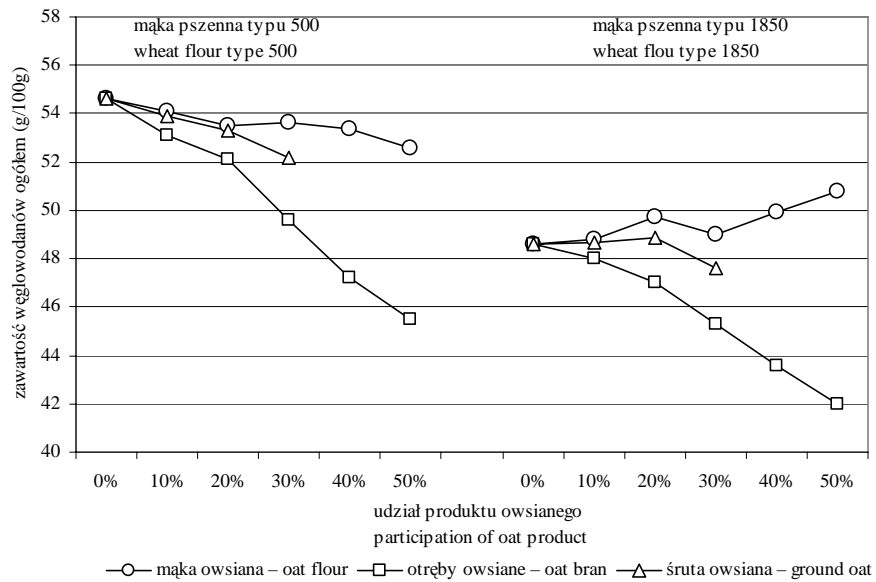
Rys. 9. Zawartość białka w chlebie pszennym i pszenno-owsianym
 Fig. 9. Protein content in wheat and wheat-oat bread

Chleby pszenno-owsiane (1,2–3,6 g/100 g) charakteryzowały się znacznie wyższą niż chleby pszenne (0,8 g/100 g – jasny i 1,4 g/100 g – ciemny) zawartością tłuszczu (rys. 10). Ilość tego składnika w chlebie pszenno-owsianym zwiększała się przy zwiększaniu udziału produktów owsianych. Wzrost ilości mąki owsianej w chlebie pszenno-owsianym do 50% powodował ponad dwukrotne zwiększenie zawartości tłuszczu w chlebie w porównaniu z chlebem pszennym jasnym i ciemnym. Jeszcze więcej tłuszczu, niż pieczywo z mąką owsianą, zawierało pieczywo z udziałem 10–30% śruty i 10–50% otrąb owsianych (odpowiednio 1,3–2,7 g/100 g i 1,4–3,6 g/100 g).



Rys. 10. Zawartość tłuszczu w chlebie pszennym i pszenno-owsianym
 Fig. 10. Fat content of wheat and wheat-oat bread

Oszacowana ilość węglowodanów ogółem w chlebie z mąki typu 1850 wynosiła 48,6 g/100 g, a w chlebie z mąki typu 500–54,6 g/100 g (rys. 11). Zastąpienie mąki pszennej jasnej i ciemnej produktami owsianymi powodowało zmniejszenie ogólnej ilości węglowodanów w pieczywie pszenno-owsianym w porównaniu do pieczywa pszenne. Udział 10–50% otrąb owsianych w mieszankach z mąką jasną i ciemną powodował zmniejszenie ilości węglowodanów ogółem w pieczywie, odpowiednio o 1,5–9,1 g/100 g i o 0,6–6,6 g/100 g w porównaniu do chlebów kontrolnych. Po zastosowaniu 10–30% śruty owsianej jako zamiennika mąki typu 500 i typu 1850 zawartość węglowodanów ogółem w pieczywie pszenno-owsianym była niższa odpowiednio o 0,7–2,4 g/100 g i 0,1–1,0 g/100 g. W chlebie zawierającym mąkę owsianą zawartość węglowodanów ogółem była zróżnicowana, przy czym mniejsza w pieczywie otrzymanym z mieszanki z mąką pszenną typu 1850 niż z mieszanki z mąką pszenną typu 500. Chleb otrzymany z mąki typu 1850 i mąki owsianej przy zwiększającym się udziale mąki owsianej miał coraz większą zawartość węglowodanów, która przy 50% udziale osiągnęła poziom 2 g/100 g w porównaniu do chleba pszenne. Odwrotna natomiast tendencja nastąpiła w chlebach z mieszanki mąki owsianej z mąką typu 500. W pieczywie tym wraz ze wzrostem ilości mąki owsianej zmniejszała się ilość węglowodanów ogółem i przy 50% udziale była ona mniejsza o 2 g/100 g niż w chlebie kontrolnym.



Rys. 11. Zawartość węglowodanów ogółem w chlebie pszennym i pszenno-owsianym
 Fig. 11. Total carbohydrate content in wheat and wheat-oat bread

6. Dyskusja Wyników

Wielu autorów (Attenburrow i Barnes 1990, Bushuk i Kawka 1990, Shewry i Tatham 1990, Subda 1998, Uthayakumaran i wsp. 2002, Linneman i wsp. 2002, Dobraszczyk i Morgenstern 2003) wskazuje, że wartość wypiekowa mąki pszennej zależy od ilości i jakości występujących w niej białek, a szczególnie frakcji tworzących w cieście gluten. Stwierdzono również, że na jakość chleba wpływa aktywność enzymów proteolitycznych (Belc 1997, Subda i wsp. 2002) i amylolitycznych (Akers i Hoseneý 1994, Żmijewski i wsp. 1999 b). Gambuś (1997) uważa, że bardzo ważnym składnikiem kształującym jakość ciasta i pieczywa jest skrobia, której funkcjonalność w produktach piekarskich związana jest z właściwościami fizykochemicznymi wpływającymi na zakres pęcznienia i kleikowania w czasie tworzenia ciasta i wypieku pieczywa. Michniewicz i wsp. (1991), Izidorczyk i Biliaderis (1992) oraz Michniewicz (1995) stwierdzili natomiast, że na proces powstawania i właściwości matrycy glutenowej w cieście pszennym w znacznym stopniu oddziałują pentozany i interakcje występujące pomiędzy nimi a białkami. Wynika z tego, że wartość wypiekowa mąki pszennej zależy od jej właściwości chemicznych i biochemicznych. Zastąpienie części mąki chlebowej produktami ze zbóż niechlebowych, o odmiennym składzie chemicznym, może wobec tego powodować zmiany tych właściwości mieszanek, które określają ich jakość i przydatność do wykorzystania w piekarstwie. Celowe jest zatem badanie różnic w składzie chemicznym surowców przeznaczonych do wypieku, ponieważ pozwoli to w pewnym stopniu przewidzieć zmiany, które mogą zachodzić we właściwościach ciasta i jakości pieczywa.

6.1. Porównanie składu chemicznego mąki pszennej i produktów owsianych

Wyniki badań własnych wykazały istotne zróżnicowanie składu chemicznego produktów owsianych otrzymanych w warunkach laboratoryjnych oraz handlowych mąk pszennych. Przyczyn występujących różnic należy upatrywać w zróżnicowanych właściwościach biochemicznych owsa i pszenicy (Gąsiorowski 1995, 2004) oraz odmiennych warunkach pozyskiwania mąki pszennej i produktów owsianych. Powodem zróżnicowanego składu produktów owsianych uzyskanych z tego samego ziarna może być nierównomierne rozłożenie składników w ziarniaku. Okazało się ponadto, że materiał doświadczalny stosowany w kolejnych latach badań był zróżnicowany pod względem ilości prolamin, białka nierozpuszczalnego, pentozanów rozpuszczalnych i skrobi. Pozostaje to w zgodności z wynikami innych autorów (Doehlert i wsp. 2001, Zhu i Khan 2001, Czubaşzek 2003, Peterson i wsp. 2005), którzy zaobserwowali istotność wpływu środowiska na gromadzenie białka i skrobi w ziarnie owsa i pszenicy.

Według danych bibliograficznych zakres zawartości białka ogółem w pozbawionym łuski ziarnie owsa wynosi 12–24% (Subda i wsp. 1998 a, b, Kamińska i wsp. 1999, Doehlert i McMullen 2000, Wilhelmson i wsp. 2001, Doehlert i wsp. 2001, Czubaszek 2003, Paczos-Grzęda 2003). Duża koncentracja tego składnika w zewnętrznych częściach ziarniaka jest przyczyną większej ilości białka w otrębach niż w mące owsianej (Gąsiorowski 1995). W zgodności z powyższym pozostają uzyskane wyniki własne. Śruta owsiana, którą otrzymywano przez rozdrobnienie obłuszczonego ziarna, charakteryzowała się przeciętną ilością białka ogółem. Najwięcej białka było w otrębach owsianych, do których podczas przemiału przechodzą zewnętrzne części ziarniaka, a mąka owsiana stanowiąca rozdrobnione bielmo miała tego składnika najmniej. Podobne, jak w badaniach własnych, proporcje zawartości białka w śrucie, mące i otrębach owsianych uzyskali Ranhotra i wsp. (1991), Doehlert i Moore (1997) oraz Doehlert i McMullen (2000). Mąki pszenne używane w badaniach własnych cechowały się średnią zawartością białka ogółem, mniejszą niż w otrębach i śrucie owsianej oraz wyższą niż w mące owsianej. Według Białasiewicz (2003) uzyskana w mąkach pszennych ilość białka jest wystarczająca, aby nadawały się one do wypieku bułek i chleba.

Właściwości technologiczne mąki pszennej zależą jednak nie tylko od ilości białka ogółem, lecz również od jego składu frakcyjnego, dlatego w badaniach własnych określono udział albumin, globulin, prolamin, glutelin i białka nierozpuszczalnego w białku ogółem mąki pszennej i produktów owsianych. Uzyskane wyniki pozostają w zgodności z sugestiami innych autorów (Bietz i Wall 1975, Wieser i wsp. 1980, Peterson i Winegar 1986, Kączkowski 1995, 2004). W produktach owsianych było więcej białek niskocząsteczkowych (albumin i globulin) i mniej białka nierozpuszczalnego niż w mąkach pszennych. Z punktu widzenia technologii piekarstwa fakt ten może być niekorzystny, gdyż wartość wypiekowa mąki pszennej zależy w dużej mierze od ilości białek wysokocząsteczkowych i proporcji białek wysokocząsteczkowych do niskocząsteczkowych (Bietz i Wall 1975, Kączkowski 1995, 2004, Subda 1998). Wprowadzenie produktów owsianych do mąki pszennej zmienia te proporcje, wobec tego mogą one wywoływać pogorszenie wartości wypiekowej mieszanki pszenno-owsianej w stosunku do mąki pszennej.

W białku ziarna zbóż znajdują się białka enzymatyczne, a wśród nich enzymy proteolityczne powodujące hydrolizę białek zapasowych ziarna (Brijs i wsp. 2002, Jones i Lookhart 2005). Nadmierny rozkład białek może doprowadzić do uszkodzenia matrycy glutenowej w cieście pszennym i pogorszenia jakości pieczywa. Subda i wsp. (2002) wykazali, że ze wzrostem aktywności tych enzymów zmniejsza się objętość i nadpiek chleba. Przeciętna aktywność proteolityczna jasnej mąki pszennej kształtuje się na poziomie 1,38–3,20 jednostki (Żmijewski i wsp. 1999 a, Subda i wsp 2002). Porównując wyniki własne z danymi bibliograficznymi, można stwierdzić, że użyte mąki pszenne jasna i ciemna cechowały się średnią aktywnością enzymów proteolitycznych. Nieco wyższa aktywność mąki typu 1850 w porównaniu do mąki typu 500 wynikała prawdopodobnie z większej zawartości w niej cząstek okrywy owocowo-nasiennej i warstwy aleuronowej. W warstwach tych bowiem gromadzone są białka funkcjonalne. Produkty owsiane uzyskane w warunkach laboratoryjnych miały aktywność proteolityczną podobną do mąki pszennej. Porównując wartości tej cechy, otrzymane w badaniach własnych dla produktów owsianych z wynikami wcześniejszych badań (Subda i wsp. 1998 a, b,

Czubaszek 2003) obłuszczonego ziarnia owsa (2,64–5,48 jednostki), stwierdzono, że aktywność proteolityczna w mące, otrębach i śrucie owsianej, podobnie jak w mące pszennej, kształtowała się na przeciętnym poziomie.

Bardzo ważnym składnikiem ziarna zbóż i produktów zbożowych są węglowodany. Wśród nich w największych ilościach występuje skrobia. W obłuszczonego ziarnie owsa jej zawartość waha się w bardzo szerokim zakresie 39,3–67,5% (Subda i wsp. 1998 a, b, Doehlert i McMullen 2000, Doehlert i wsp. 2001, Wilhelmson i wsp. 2001, Lapveteläinen i wsp. 2001, Czubaszek 2003, Colleoni-Sirghie i wsp. 2004, Rhymer i wsp. 2005). Po przemiale ziarna na mąkę i otręby, uzyskane produkty znacznie różnią się pod względem ilości tego składnika. Według danych znanych z literatury przedmiotu mąka owsiana zawiera 56,4–73,9%, a otręby 17,3–46,5% skrobi (Salomonsson i wsp. 1984, Dojczew i wsp. 1996, Doehlert i McMullen 2000, Wood i wsp. 2002). Również w badaniach własnych otrzymana w warunkach laboratoryjnych mąka owsiana zawierała więcej skrobi niż śruta, a otręby mniej. W mące pszennej, poziom skrobi zależy od różnych czynników: między innymi od właściwości odmianowych ziarna, warunków środowiskowych panujących podczas wzrostu roślin, a także od wydajności młki (Żmijewski i wsp. 1999 a, Magnus i wsp. 2000, Salmenkallio-Marttila i wsp. 2001, Subda i wsp. 2002). Mąka pszenna jasna zawiera 64 do 79% skrobi, natomiast mąka pełnoziarnowa 58,4–63,7% (Salomonsson i wsp. 1984, Kunahowicz i wsp. 2005). Stosowane w badaniach własnych mąki pszenne typów 500 i 1850 miały zbliżoną do cytowanych zawartość tego składnika, a ponadto większą niż w produktach owsianych.

Związkami wpływającymi na właściwości mąki i ciasta są pentozany. Determinują one wodochłonność mąki, a ich frakcja rozpuszczalna w wodzie przyczynia się do utrwalenia struktury ciasta i zwiększa zdolność zatrzymywania gazów, co prowadzi do zwiększenia objętości pieczywa (Michniewicz 1995). Z tego względu ważna jest znajomość ich ilości w produktach stosowanych do wypieku. Produkty zbożowe różnią się zawartością pentozanów. Jedną z przyczyn tego zróżnicowania jest nierównomierne rozmieszczenie pentozanów w poszczególnych częściach ziarniaka. Według Michniewicza i wsp. (1998) mąka owsiana, produkt otrzymany w wyniku przemiału ziarna owsa i po oddzieleniu frakcji otrąb, zawiera o około 60% mniej pentozanów niż ziarno. Podobnie w niniejszej pracy stwierdzono, że śruta i otręby owsiane zawierały więcej pentozanów ogółem i nierozpuszczalnych niż mąka owsiana, a mąka pszenna typu 1850 więcej niż mąka typu 500. W produktach owsianych było mniej pentozanów ogółem i nierozpuszczalnych niż w mące pszennej typu 1850. Jest to związane z większą zawartością pentozanów w ziarnie pszenicy niż w ziarnie owsa (Kołodziejczyk i wsp. 1997, Michniewicz i wsp. 1998). Mąka typu 500 przewyższała zawartością tych związków tylko mąkę owsianą, a w porównaniu do otrąb i śruty owsianej miała więcej pentozanów rozpuszczalnych. Obie mąki pszenne zawierały ponad dwukrotnie więcej pentozanów rozpuszczalnych niż produkty owsiane. Jest to związane z tym, że w ziarnie owsa pentozany rozpuszczalne stanowią około 10% ogólnej ilości pentozanów (Subda i wsp. 1998 a, b, Czubaszek 2003, Colleoni-Sirghie i wsp. 2004), natomiast w mące pszennej udział tej frakcji wynosi od 20 do 30% (Subda i wsp. 1997, 2002, Żmijewski i wsp. 1999 a, Magnus i wsp. 2000, Salmenkallio-Marttila i wsp. 2001).

Magnus i wsp. (2000) wykazali, że wartość wypiekowa mąki pszennej zależy od ogólnej zawartości lipidów i udziału poszczególnych kwasów tłuszczowych. Związki te

mogą korzystnie wpływać na właściwości glutenu pszennego. Mąki pszenne stosowane w badaniach własnych charakteryzowały się kilkakrotnie mniejszą zawartością tłuszczu niż mąka, otręby i śruta owsiana. Należało się tego spodziewać, ponieważ ziarno owa odznacza się 3,5-krotnie wyższą zawartością tłuszczu niż ziarno zbóż chlebowych (Bartnik i Rothkaehl 1997, Zaręba i Zaręba-Giezek 2004). Zdaniem różnych autorów (Ranhotra i wsp. 1991, Gašiorowski i wsp. 1995, Doehlert i Moore 1997, Grajeta 1999, Doehlert i McMullen 2000, Johansson i wsp. 2000, Gustaw i wsp. 2001) ilość tłuszczu w mące i otrębach owsianych jest bardzo zróżnicowana. Zależy ona od sposobu przemiału ziarna oraz czynnika genetycznego i w mące waha się w zakresie od 4,3 do 8,4%, a w otrębach od 7,1 do 10,5%. W śrucie owsianej tłuszcz występuje w ilości od 4,6 do 15,5% (Gašiorowski i wsp. 1997, Hampshire i wsp. 1998, Doehlert i wsp. 2001, Lapveteläinen i wsp. 2001, Berski i Gibiński 2001, Wilhelmson i wsp., 2001, Colleoni-Sirghie i wsp. 2004, Peterson i wsp. 2005). Porównując wyniki otrzymane w badaniach własnych do danych bibliograficznych można stwierdzić, że śruta owsiana charakteryzowała się przeciętną zawartością tłuszczu, a mąka i otręby owsiane – wysoką. Zauważono ponadto, że mąka owsiana zawierała nieco mniej, a otręby więcej lipidów niż śruta. Wyniki uzyskane przez innych autorów (Ranhotra i wsp. 1991, Doehlert i McMullen 2000, Kaarlehto i Salovaara 2000) wskazują natomiast, że różnice w ilości tłuszczu pomiędzy produktami owsianymi są niewielkie, co prawdopodobnie wynika z dość równomiernego rozmieszczenia lipidów w ziarnie owa (Bartnik i Rothkaehl 1997).

Lipidy zawarte w obłuszczonej ziarnie owa charakteryzują się dużym udziałem kwasów nienasyconych: oleinowego, linolowego (Liukkonen i wsp. 1992, Peterson 2004). Lapveteläinen i wsp. (2001) twierdzą, że w obłuszczonej ziarnie owa kwas oleinowy i linolenowy występują w podobnych ilościach (odpowiednio 36,6–41,5% i 37,1–39,9%). Berski i Gibiński (2001) wykazali natomiast, że w krajowych odmianach owa dominującym kwasem tłuszczowym jest kwas oleinowy. Otrzymane w badaniach własnych produkty owsiane zawierały zbliżone do siebie ilości kwasu oleinowego i linolenowego z niewielką przewagą kwasu oleinowego. Mąki pszenne, w porównaniu do produktów owsianych, cechowały się znacznie mniejszą ilością kwasu oleinowego i większą kwasu linolowego. Oznaczona w ich tłuszczu ilość kwasu linolowego i oleinowego była podobna do określonej w mąkach pszennych odmianowych przez Magnusa i wsp. (2000). W tłuszczu zbóż bardzo cenna ze względów żywieniowych jest obecność wielonienasyconego kwasu α -linolenowego. Zhou i wsp. (1999) wykazali, że udział tego kwasu w tłuszczu owsianym waha się w zakresie 0,7–3,6%. Wyniki własne wskazują na przeciętny poziom tego kwasu w tłuszczu ocenianych laboratoryjnych produktów owsianych. Mąki pszenne typów 500 i 1850 w porównaniu do produktów owsianych zawierały ponad 50% więcej kwasu α -linolenowego, a jego ilość była podobna jak w mąkach pszennych badanych przez Magnusa i wsp. (2000). Naturalne nienasycone kwasy tłuszczowe występują przeważnie w konfiguracji *cis* (Ziemlański 1998). Proces przetwarzania żywności może powodować przechodzenie formy *cis* w formę *trans*, która prawdopodobnie ma działanie aterogenne i z tego względu zaleca się unikanie kwasów *trans* w pożywieniu (Elmadfa i Muskat 2004). Badane mąka, otręby i śruta owsiana zawierały 3–8 razy mniej kwasów *trans* niż mąki pszenne.

Spośród nasyconych kwasów tłuszczowych w mąkach pszennych i produktach owsianych w największych ilościach występują kwas palmitynowy, a następnie steary-

nowy (Liukkonen i wsp. 1992, Magnus i wsp. 2000, Berski i Gibiński 2001, Lapveteläinen i wsp. 2001). Podobną, jak w badaniach własnych, ilość kwasu palmitynowego w owsie podaje Kawka (1996) oraz Liukkonen i wsp. (1992), a według Lapveteläinena i wsp. (2001) jego udział jest nieco mniejszy (14,4–16,6%). Mąki pszenne zawierały więcej kwasu palmitynowego niż uzyskane w warunkach laboratoryjnych produkty owsiane.

Do prawidłowego funkcjonowania organizmu niezbędne są składniki mineralne, mające różnorodne działanie w procesach przemiany materii i wzrostu (Synowiecki 2002, Elmadfa i Muskat 2004). Spośród zbóż najbogatsze w popiół są owies i proso (Gąsiorowski 2003). W ziarnie owsa oplewionego zawartość popiołu waha się od 2,7 do 3,7%, a w ziarnie obtuszczonego oraz nagim poziom składników mineralnych jest niższy i wynosi odpowiednio 1,7–3,4% i 1,8–2,3% (Kamińska i wsp. 1999, Maciejewicz-Ryś i Sokół 1999, Bartnikowska i wsp. 2000 b, Wilhelmson i wsp. 2001, Gąsiorowski 2003). W produktach owsianych zawartość popiołu jest znacznie zróżnicowana i zależy od ich rodzaju oraz sposobu otrzymywania, ponieważ najwięcej substancji mineralnych znajduje się w okrywie owocowo-nasiennej. W śrucie owsianej składniki mineralne stanowią 1,6–3,0% suchej masy, a w otrębach 2,5–5,10% (Ranhotra i wsp. 1991, Doehlert i Moore 1997, Hampshire i wsp. 1998, Grajeta 1999, Doehlert i McMullen 2000, Gustaw i wsp. 2001, Lapveteläinen i wsp. 2001, Wilhelmson i wsp. 2001, Doehlert i wsp. 2001, Colleoni-Sirghie i wsp. 2004). Mąka owsiana natomiast zawiera od 40 do 60% mniej popiołu niż otręby (Kaarlehto i Salovaara 2000, Gambuś i wsp. 2001). Uzyskana w badaniach własnych śruta owsiana charakteryzowała się przeciętną zawartością popiołu. Najwięcej tego składnika stwierdzono w otrębach owsianych, a mąka owsiana miała około trzykrotnie mniej popiołu niż otręby. W użytych do badań handlowych mąkach pszennych ilość popiołu była zgodna z wymaganiami Polskiej Normy (PN-A 74022:2003). Według Salomonssona i wsp. (1984) mąka owsiana ma większą ilość popiołu niż pełnoziarnowa mąka pszenna. W badaniach własnych uzyskana w warunkach laboratoryjnych mąka owsiana cechowała się zawartością popiołu większą niż w mące typu 500 i mniejszą niż w mące typu 1850, a śruta owsiana i otręby miały znacznie więcej składników mineralnych niż obie mąki pszenne i mąka owsiana. Oceniając zawartość mikro- i makroelementów, wykazano, że produkty owsiane wyróżniały się większą niż mąki pszenne zawartością żelaza, cynku i miedzi. Otręby i śruta owsiana przewyższały ponadto mąki pszenne pod względem ilości manganu, fosforu, magnezu, sodu i potasu. W związku z uzyskiwanymi rezultatami należy się spodziewać, że dodatek produktów owsianych do mąki pszennej korzystnie zwiększy zawartość składników mineralnych w mieszance pszenno-owsianej. Przypuszczenia te potwierdzają badania Krishnana i wsp. (1987). Gambuś i wsp. (2001) wykazali natomiast, że 3–10% dodatek mąki owsianej do mąki typu 650 powoduje wzrost zawartości w chlebie żelaza i magnezu, a suplementacja mąki pszennej otrębami zwiększa ponadto ilość potasu, wapnia, manganu i cynku.

6.2. Wartość technologiczna mąki pszennej, produktów owsianych i mieszanek pszenno-owsianych

Otrzymanie pieczywa o dobrych właściwościach uwarunkowane jest jakością surowców przeznaczonych do wypieku. Jakość mąki chlebowej określa się różnymi metodami pośrednimi lub bezpośrednio na podstawie wypieku laboratoryjnego. Powszechnie do oceny mąki pszennej stosowane jest oznaczenie ilości glutenu. Z mąki przeznaczonej do wypieku chleba wydajność glutenu mokrego powinna kształtować się na poziomie 25–26% (PN A-74022:2003). Obie mąki pszenne użyte w badaniach spełniały to kryterium. Na wartość wypiekową mąki pszennej ma jednak wpływ nie tylko ilość glutenu, ważna jest także jego jakość. W zależności od niej kształtują się właściwości ciasta określane farinograficznie. Uzyskane parametry charakterystyki farinograficznej handlowych mąk pszennych (jasnej i ciemnej) pozwoliły zakwalifikować obie mąki do grupy surowca o średniej jakości technologicznej. Zaobserwowano też, że ciasta z mąki jasnej miały mniejszą wytrzymałość na obróbkę mechaniczną niż ciasta z mąki ciemnej, a wypieczone z niej chleby cechowały się większą objętością niż pieczywo z mąki ciemnej.

Często stosowanym w piekarstwie wyróżnikiem jakościowym mąki jest liczba opadania wyznaczana metodą Hagberga-Pertena (Finney 2001, Hatcher 2005). Na podstawie tej cechy wyznacza się w pośredni sposób aktywność enzymów amylolitycznych występujących w mące. Liczba opadania mąki pszennej poniżej 200 s wskazuje na uszkodzenie ziarna przez porost, a wysokie jej wartości świadczą o niskiej aktywności α -amylazy (Abdel-Aal i wsp. 2002, Konopka i wsp. 2004). Uzyskane w badaniach własnych wartości liczby opadania mąki typów 500 i 1850 wskazują na średnią aktywność enzymów amylolitycznych w nich zawartych, odpowiednią dla mąki o dobrych parametrach wypiekowych. Kaarlehto i Salovaara (2000) oraz Doehlert i McMullen (2003) wykazali, że metoda Hagberga-Pertena może być stosowana także w przypadku produktów owsianych, jednak wartości uzyskiwane dla owsa są wyższe niż dla pszenicy. W badaniach własnych wartości liczby opadania w produktach owsianych były wyższe niż mąkach pszennych. Nie stwierdzono istotnych różnic liczby opadania pomiędzy mąką, otrębami i śrutą owsianą. Według Wang'a i White'a (1994) oraz Doehlert'a i wsp. (1997) przyczyną wyższej liczby opadania w produktach owsianych niż w mąkach pszennych może być wyższa temperatura kleikowania zawiesiny z produktów owsianych w porównaniu z pszennymi. Inni autorzy (Perten 1990, Kaarlehto i Salovaara 2000) uważają, iż różnice wyników są skutkiem warunków panujących w próbówce reakcyjnej. Podczas pomiaru liczby opadania skrobi pszennej następuje zupełne jej skleikowanie, natomiast zawiesina produktu owsianego po pierwszych 60 s ogrzewania w łaźni wodnej osiąga temperaturę niewystarczającą do całkowitego skleikowania. Wykazano również, że aktywność amylaz w owsie jest niższa niż w pszenicy (Meredith i Jenkins 1973), a skrobia owsiana w porównaniu do pszennej jest mniej podatna na działanie tego enzymu (Hoover i Vasanthan 1992, Tester i Karkalas 1996), co także może być powodem występujących różnic wartości liczby opadania.

Jeszcze do niedawna sądzono, że skrobia w cieście pszennym jest tylko komponentem rozcieńczającym gluten do konsystencji, przy której uzyskuje się optymalne parametry ciasta. Wykazano jednak, że jej budowa i właściwości mają duże znaczenie w tworzeniu struktury ciasta i jakości chleba. Skrobia absorbuje wodę, reguluje właściwości

lepkosprężyste ciasta, jest składnikiem, z którego pod wpływem działania amylaz powstają cukry konieczne do prawidłowego przebiegu fermentacji drożdżowej (Martin i Hoseneý 1991, Martin i wsp. 1991, Petrofsky i Hoseneý 1995, Sahlstrøm i wsp. 2003). Podczas mieszenia ciasta dochodzi do powstawania słabych sieciujących wiązań wodorowych pomiędzy napęczniałą skrobią a matrycą glutenową. Właściwości powstałego kompleksu zależą od stopnia pęcznienia i kleikowania skrobi, które z kolei są uwarunkowane budową ziaren skrobiowych (Jane i wsp. 1999, Yamin i wsp. 1999, Abdel-Aal i wsp. 2002). Skrobia owsiana znacznie różni się pod względem chemicznym, fizycznym i strukturalnym od skrobi innych zbóż (Hoover i Vasanthan 1992, Zhou i wsp. 1998). Hoover i Vasanthan (1992), porównując właściwości skrobi pszennej i owsianej, zauważyli, że skrobia owsiana pęcznieje w większym stopniu niż pszenna, a jej amyloza jest mniej rozpuszczalna niż amyloza pszenna. Wobec powyższego należy się spodziewać, że wprowadzenie do mąki pszennej produktów owsianych będzie zmieniać właściwości kleików mącznych.

Oceniając proces kleikowania zawiesin mącznych, zwraca się uwagę na temperaturę, w jakiej rozpoczyna się on i kończy. Na podstawie tego parametru można określić przydatność mąki do wypieku. Badania niektórych autorów (Ohm i Chung 1999, Żmijewski i wsp. 1999 b, Karolini-Skaradzińska i wsp. 2001) wykazały istotność korelacji pomiędzy objętością chleba a temperaturą kleikowania. Dane z literatury przedmiotu pozwalają stwierdzić, że mąki pszenne kleikują w zakresie temperatur 65,7–91,5°C (Ohm i Chung 1999, Żmijewski i wsp. 1999 b, Karolini-Skaradzińska i wsp. 2001). Dla mąki owsianej temperatury te są wyższe i wynoszą od 83,0 do 91,3°C (Subda i wsp. 1998 a). W badaniach własnych stosowane mąki pszenne i produkty owsiane nie różniły się istotnie między sobą pod względem początkowej i końcowej temperatury kleikowania, a uzyskane dla nich wartości mieściły się w zakresach podawanych przez cytowanych wyżej autorów.

W literaturze mało jest danych dotyczących wpływu dodatku produktów do mąki pszennej na proces kleikowania otrzymanej mieszanki. W badaniach własnych stwierdzono, że mąka owsiana, przy zwiększaniu jej ilości w mieszance z mąką typu 500 (30–50%), powodowała zwiększenie początkowej temperatury i nie wpływała na końcową temperaturę kleikowania, natomiast otręby owsiane nie zmieniały temperatury początkowej i obniżały temperaturę końcową kleikowania mieszanek z mąką jasną. W mieszankach z mąką typu 1850 pod wpływem udziału mąki i otrębów owsianych nie obserwowano zmian zakresu temperatur kleikowania. Większy, niż mąka i otręby, wpływ na temperatury kleikowania miała śruta owsiana, która stosowana w ilości 10–30% zwiększała początkową i końcową temperaturę kleikowania mieszanek z mąką typu 500 oraz początkową temperaturę mieszanek z mąką typu 1850.

Wykonane w badaniach własnych oznaczenia amylograficzne kleików pszennych i owsianych wskazują, że kleiki z mąki pszennej jasnej i ciemnej charakteryzowały się niższą maksymalną lepkością niż kleiki z produktów owsianych. Gambuś i wsp. (1996) uważają, że przyczyną tego może być niewielki rozmiar ziaren skrobi oraz odmienna struktura amylozy i amylopektyny owsianej w porównaniu z pszeną. Podczas kleikowania skrobi owsianej do roztworu w równym stopniu przechodzą amyloza i amylopektyna, ze skrobi pszennej natomiast wymywana jest przede wszystkim amyloza (Zhou i in., 1998). W skrobi owsianej ponadto ilość amylozy związanej z lipidami jest mniej-

sza niż w skrobi pszennej, a Jane i wsp. (1999) wykazali, że amylopektyna przyczynia się do pęcznienia ziaren skrobiowych, natomiast kompleks amyloza-lipidy hamuje ten proces. Przypuszcza się również, że kompleks skrobia-lipidy w skrobi owsianej odgrywa inną rolę niż w skrobi pszennej (Zhou i wsp. 1998). Doehlert i wsp. (1997), Zhang i wsp. (1997), Wachowiak i Kiryłuk (2005) twierdzą ponadto, że na lepkość ogrzewanych zawiesin produktów owsianych wpływają zawarte w niej β -glukany, stopień ich uwodnienia i aktywność β -glukanazy. Wobec tego różnica lepkości kleików owsianych i pszennych może być również spowodowana większą w owsie niż w pszenicy zawartością β -glukanów.

Obniżenie lepkości podczas 30-minutowego przetrzymywania kleików w temperaturze 95°C wskazuje na małą trwałość żelu skrobiowego i szybki rozpad ziaren skrobiowych (Bhatty 1993). Lapveteläinen i wsp. (1994) wyrażają pogląd, że zmniejszenie lepkości w tych warunkach świadczy o hydrolizie składników takich jak β -glukany, pentozany lub białko. W badaniach własnych stwierdzono, że w kleikach owsianych zachodziły znacznie większe zmiany lepkości podczas przetrzymywania ich w wysokiej temperaturze w porównaniu z kleikami pszennymi. Tester i Karkalas (1996) oraz Zhou i wsp. (1998) dowodzą, że przyczyną znacznego zmniejszenia lepkości kleików owsianych jest duża wrażliwość kleikujących ziaren skrobi owsianej na działanie wysokiej temperatury i łatwiejszy niż w innych skrobiach rozpad ziaren. Mimo znacznego zmniejszenia lepkości kleików owsianych podczas przetrzymywania w temperaturze 95°C charakteryzowały się one większą lepkością określaną w wysokiej temperaturze niż kleiki pszenne. Największą lepkością w tych warunkach odznaczał się kleik z otrąb owsianych, a następnie z mąki i śruty owsianej. Małą lepkość miały natomiast kleiki sporządzone z mąki pszennej typu 1850.

Chłodzenie kleików do 50°C zarówno pszennych, jak i owsianych powodowało znaczne zwiększenie ich lepkości. Bhatty (1993) oraz Abdel-Aal i wsp. (2002) uważają, że duży wzrost lepkości podczas chłodzenia kleiku świadczy o szybkiej retrogradacji skrobi, a mały wskazuje na powolne zachodzenie tego procesu. Bahnassey i Breene (1994) natomiast wyrażają pogląd, że wysoki wzrost lepkości chłodzonego kleiku jest rezultatem dużej zawartości amylozy, wzmacniającej sieć molekularną wewnątrz ziaren skrobiowych. Potwierdziły to badania Zhanga i wsp. (1997), w których to skrobia pszenna o mniejszej zawartości amylozy miała mniejszy wzrost lepkości po ochłodzeniu i mniejszą lepkość niż skrobia o większej zawartości tej frakcji skrobi. Według wielu autorów (Gambuś i wsp. 1996, Zhang i wsp. 1998, Gambuś i Gibiński 2003) kleik skrobi owsianej w porównaniu z innymi skrobiami zbożowymi szybciej uzyskuje dużą lepkość podczas chłodzenia, jest klarowniejszy, mniej twardy, bardziej elastyczny i lepki. W badaniach własnych największy wzrost lepkości kleiku podczas chłodzenia zaobserwowano w kleikach ze śruty i otrąb owsianych. Kleik z mąki owsianej miał w temperaturze 50°C lepkość podobną do kleiku z mąki pszennej typu 500, a najmniejszą lepkością odznaczał się kleik z mąki pszennej typu 1850.

Oomah (1983) wykazał, że 25% dodatek mąki owsianej do mąki pszennej jasnej zwiększa lepkość kleików. W badaniach własnych każdy ze stosowanych dodatków produktów owsianych powodował wzrost oznaczanych lepkości kleiku: maksymalnej, po przetrzymaniu w temperaturze 95°C i po ochłodzeniu do 50°C. Efekt ten był skutkiem znacznie wyższej lepkości kleików otrzymanych z produktów owsianych niż

kleików pszennych. W miarę zwiększania ilości mąki owsianej sukcesywnie rosła lepkość maksymalna i po przetrzymaniu w temperaturze 95°C. W przypadku lepkości po ochłodzeniu, w kleikach sporządzonych z mąki typu 500 i mąki owsianej obserwowano istotne zwiększenie wartości tej cechy przy 10% dodatku i nie wykazano różnic pomiędzy wartościami średnimi dla mieszanek z udziałami od 10 do 50%. W kleikach zawierających mąkę typu 1850 parametr ten wzrastał w miarę zwiększania udziału mąki owsianej w mieszance. Otręby owsiane powodowały zmiany lepkości maksymalnej i po przetrzymaniu w wysokiej temperaturze podobne do tych wywołanych przez dodatek mąki owsianej. W przypadku lepkości po ochłodzeniu jedynie mieszanki mąki typu 500 zawierające 40–50% otrąb miały wyższą lepkość niż takie same mieszanki z mąką owsianą. Można przypuszczać, że było to związane ze zwiększeniem ilości błonnika wprowadzonego do mieszanki wraz z otrębami. W błonniku bowiem znajdują się substancje takie jak pentozany czy β -glukany dające lepkie roztwory (Doehlert i wsp. 1997, Zhang i wsp. 1997, Wachowiak i Kiryluk 2005). Śruta owsiana w mieszance z mąką pszenną jasną zwiększała tylko maksymalną lepkość kleiku z mąki typu 500, przy czym nie stwierdzono różnic pomiędzy mieszankami z 10–30% udziałem. Udowodniono także wzrost lepkości po przetrzymaniu w temperaturze 95°C i po ochłodzeniu kleików do 50°C pod wpływem 20% jej udziału w mieszance z mąką typu 1850.

Według Ravi'ego i wsp. (1999) parametry kleikowania mąki pszennej zmieniają się, gdy stosowane są różne dodatki. Autorzy ci wykazali ponadto, że mąka słaba reaguje w większym stopniu niż mąka mocna. W badaniach własnych zaobserwowane różnice oddziaływania produktów owsianych na właściwości mąki typów 500 i 1850 oraz bardziej wyraźne zmiany lepkości wywołane przez dodatek mąki owsianej w porównaniu do zmian pod wpływem otrąb i śruty mogą być spowodowane różnymi właściwościami mąki jasnej i ciemnej oraz zróżnicowanym składem chemicznym używanych surowców. Mąka owsiana zawierała więcej skrobi niż otręby i śruta, podobnie w mące typu 500 więcej było tego składnika niż w mące typu 1850. Otręby i śruta owsiana oraz mąka pszenna typu 1850 odznaczały się natomiast dużą ilością białka i pentozanów, a substancje te również wpływają na parametry kleików zawiesiny mącznej.

Podczas zarabiania ciasta pszennego tworzy się w nim siatka glutenowa. Od zmian właściwości lepkosprężystych glutenu zachodzących podczas zarabiania i mieszenia ciasta zależy jakość pieczywa (Campos i wsp. 1997, Autio i wsp. 2001, Doxastakis i wsp. 2002, Dobraszczyk i Morgenstern 2003, Konopka i wsp. 2004, Puppo i wsp. 2005). Warunkiem otrzymania pieczywa pszennego o właściwej objętości i strukturze miększu jest ciasto cechujące się dużą stabilnością. W związku z tym, oceniając wartość wypiekową mąki pszennej, określa się właściwości ciasta. Powszechnie wykorzystywanym do tego celu aparatem jest farinograf firmy Brabender. Badanie mąki przy jego użyciu pozwala uzyskać informacje o wodochłonności mąki, zachowaniu ciasta podczas mieszenia oraz jego oporności na oddziaływania mechaniczne (Campos i wsp. 1997, Pedersen i wsp. 2004, Puppo i wsp. 2005).

Warunkiem dobrych właściwości mechanicznych ciasta jest odpowiednia proporcja mąki i wody (Autio i wsp. 2001). Ilość wody pochłanianej przez mąkę podczas wytwarzania ciasta zależy od wielu czynników, między innymi od wydajności mąki i jej wilgotności, od zawartości i jakości białek (głównie białek glutenowych), od jakości skrobi i stopnia jej uszkodzenia (Saxena in. 1997, Żmijewski i wsp. 1999 b, Karolini-Skaradzińska

i wsp. 2001, Subda i wsp. 2002, Kawka 2004). Istotne znaczenie w kształtowaniu tej cechy mają także pentozany (Michniewicz 1995, Żmijewski i wsp. 1999 b) i błonnik (Sudha i wsp. 2007). Mąki z polskich odmian pszenicy charakteryzują się wodochłonnością w zakresie od 55 do 65% (Żmijewski i wsp. 1999 b, Karolini-Skaradzińska i wsp. 2001, Subda i wsp. 2002, Konopka i wsp. 2004). Przeciętna wodochłonność mąki pszennej typów 500 i 1850 użytych w badaniach własnych nie wykraczała poza granice tego przedziału, przy czym mąka ciemna miała znacznie większą wodochłonność niż mąka jasna.

Produkty owsiane w mieszankach z mąką pszenną jasną wywołują zmiany wodochłonności, a zdolność wiązania wody przez te mieszanki zależy od właściwości mąki pszennej oraz od składu chemicznego, granulacji i obróbki termicznej stosowanych produktów owsianych (D'Appolonia i Youngs 1978, Oomah 1983, Krishnan i wsp. 1987, Lapveteläinen i wsp. 1994, Kawka i Gąsiorowski 1995 a, b, Subda i wsp. 1998 a, Zhang i wsp. 1998, Czubaszek 2001, 2006, Strange i Onwulata 2002, Mielcarz 2004, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005). Wykazano, że częściowe zastąpienie mąki pszennej (jasnej) mąką owsianą skutkuje wzrostem wodochłonności (Kawka i Gąsiorowski 1995 b, Dojczew i wsp. 1996, Zhang i wsp. 1998, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005). W badaniach własnych mąka owsiana uzyskana w warunkach laboratoryjnych nawet w ilości 50% nie powodowała statystycznie istotnych zmian wodochłonności. Można było dostrzec tylko tendencję zwiększenia chłonięcia wody przez mieszanki z mąką typu 500. Natomiast w mieszankach mąki pszennej typu 1850 zauważono nieznaczne zmniejszanie wodochłonności przy wzroście ilości mąki owsianej. Zwiększenie wodochłonności jasnej mąki pszennej pod wpływem udziału mąki owsianej w mieszance może być wywołane większą zawartością błonnika i nieskrobiowych polisacharydów w mące owsianej niż w mące pszennej (Sosulski i Wu 1988, Michniewicz i wsp. 1998, Zhang i wsp. 1998). Według Rosell i wsp. (2001) przyczyną wzrostu absorpcji wody pod wpływem dodatku błonnika pokarmowego jest występująca w jego strukturze duża liczba grup hydroksylowych. Obniżenie ilości pochłanianej wody przez mieszanki mąki typu 1850 i mąki owsianej można tłumaczyć zmniejszaniem się udziału cząstek okrywy owocowo-nasiennej oraz ilości białka, skrobi i pentozanów w mieszankach przy zwiększającym się udziale mąki owsianej. Wymienione składniki w mące pszennej typu 1850 znajdowały się w większych ilościach niż w mące owsianej.

Wcześniejsze badania własne (Czubaszek 2001, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005) wykazały, że wodochłonność mieszanek jasnej mąki pszennej z otrębami owsianymi jest znacznie większa niż mieszanek z mąką owsianą. Przyczyną takiego oddziaływania otrąb jest znacznie większa zawartość błonnika w okrywie owocowo-nasiennej niż w bielmie ziarna, co sprawia, że otręby owsiane zawierają więcej błonnika niż mąka owsiana. Według Krishnan'a i wsp. (1987) 15% dodatek otrąb do jasnej mąki pszennej może zwiększyć wodochłonność o 11–14%, a wielkość zmian zależy od granulacji tego produktu. Udowodniono, że im mniejsze cząsteczki otrąb, tym większa jest wodochłonność mieszanki z ich udziałem. W badaniach Kawki i Krolla (2006) 20–40% dodatek otrąb, wyprodukowanych w warunkach przemysłowych, do mąki typu 550 powodował wzrost wodochłonności mieszanek odpowiednio o 4,5–11%. Podobne wyniki uzyskano w badaniach własnych podczas stosowania dodatku otrąb otrzymanych w warunkach laboratoryjnych do mąki typu 500. Istotny wzrost wodochłonności, w stosunku do próby

kontrolnej, wykazano przy 20% udziale otrąb i wynosił on 5%, natomiast przy 50% udziale tego produktu wodochłonność mieszanki była o 15% większa niż mąki pszennej. Dodatek otrąb owsianych istotnie zwiększał także wodochłonność mieszanek z mąką typu 1850, lecz zmiany były nieco mniejsze niż w przypadku mąki typu 500. Mieszanki mąki ciemnej z 50% udziałem otrąb chłonęły o 10% więcej wody niż sama mąka ciemna. Dodatek 10–30% śruty owsianej również przyczyniał się do zwiększenia chłonności wody przez mieszanki zawierające zarówno mąkę typu 500, jak i typu 1850. Wielkość zmian była mniejsza niż podczas stosowania otrąb i większa niż po dodaniu mąki owsianej. Uzyskany efekt dodatku śruty jest uzasadniony, ponieważ śruta owsiana używana w badaniach własnych była produktem otrzymanym przez rozdrobnienie całego obłuszczonego ziarna, natomiast mąkę w większości stanowiły cząsteczki bielma, a otręby cząsteczki warstw zewnętrznych ziarniaka. Wymienione części ziarna znacznie różnią się zawartością błonnika pokarmowego, a jak już wspomiano składnik ten ma znaczący wpływ na absorpcję wody. Subda i wsp. (1998 a) stwierdzili, że zastąpienie mąki pszennej jasnej śrutą owsianą w ilości od 5 do 20% skutkuje zwiększeniem wodochłonności o 0,6–6,2%. W badaniach własnych zakres zmian był podobny. Przy 10–30% udziale śruty w mieszankach z mąką jasną i ciemną wodochłonność była większa odpowiednio o 2,0–4,9% oraz 1,8–3,5%.

Właściwości reologiczne ciasta pszennego są kształtowane przez wiele czynników takich jak: ilość białka, zawartość gluteniny wysokocząsteczkowej, stosunek gluteniny do gliadyny, skład białek nierozpuszczalnych oraz ilość występujących wiązań disulfidowych i wolnych grup sulfhydrylowych (Subda 1998, Żmijewski i wsp. 1999 a, Magnus i wsp. 2000, Subda i wsp. 2002, Aamodt i wsp. 2005, Puppo i wsp. 2005). Według Uthayakumarana i wsp. (2002) rozciągliwość ciasta zależy od właściwości glutenu i składu skrobi, lecz ważną rolę odgrywają także lipidy, pentozany oraz białka rozpuszczalne w wodzie. Znajomość właściwości reologicznych ciasta pozwala na symulację procesu jego przetwarzania oraz prognozowanie jakości otrzymanego pieczywa (Dobraszczyk i Morgenstern 2003).

Według wielu autorów (Oomah 1983, Kawka i Gąsiorowski 1995 b, Zhang i wsp. 1998, Czubašek 2001, Czubašek i Karolini-Skaradzińska 2005) rozproszenie białek glutenowych spowodowane dodatkiem mąki owsianej do jasnej mąki pszennej jest przyczyną osłabienia siły ciasta, co przejawia się skróceniem czasu jego rozwoju i stałości. Uzyskana w obecnych badaniach mąka owsiana w mieszankach z mąką typu 500 powodowała skrócenie czasu rozwoju ciasta, nie zmieniając jego wytrzymałości na obróbkę mechaniczną. Czas stałości, czas do załamania konsystencji ciast mieszanych oraz ich współczynnik tolerancji na mieszenie były podobne do określonych w cieście pszenным. Nieco inaczej mąka owsiana oddziaływała na właściwości ciasta z mąki typu 1850. Ciasta z tych mieszanek miały podobny jak ciasta kontrolne czas rozwoju i stałości, a podczas przedłużonego ich mieszenia obserwowano istotne osłabienie konsystencji i zwiększenie rozmiękczenia. Należy przypuszczać, że rozluźnienie ciast z mąki pszennej typu 1850 przez dodatek mąki owsianej jest związane z jednej strony ze zmianami w układzie białek glutenowych z drugiej zaś – ze zmniejszeniem ilości błonnika w mieszance. Mąka ciemna zawiera znaczne ilości błonnika, a składnik ten ma dużą zdolność wiązania wody (Strange i Onwulata 2002). Mniejsza zawartość błonnika w mieszance mąki ciemnej z mąką owsianą może powodować, że w cieście z niej wytwo-

rzonym mniejsza ilość wody zostaje związana w stałej fazie ciasta niż ma to miejsce w cieście z ciemnej mąki pszennej, co skutkuje rozluźnieniem konsystencji ciasta.

Dotychczasowe badania (Krishnan i wsp. 1987, Kawka i Gąsiorowski 1995 a, Czubaśzek 2001, Czubaśzek i Karolini-Skaradzińska 2005, Kawka i Kroll 2006, Sudha i wsp. 2007) pozwoliły stwierdzić, że otręby i śruta owsiana, wprowadzone do mąki pszennej jasnej, wydłużają czas rozwoju i skracają czas stałości ciasta otrzymanego z takiej mieszanki. Obserwowane w badaniach własnych wydłużenie rozwoju ciast z mąki typu 500 pod wpływem dodatku otrąb i śruty owsianej oraz nieznaczna poprawa stałości ciasta przy 30% dodatku otrąb są prawdopodobnie wynikiem tego, że cząstki okrywy owocowo-nasiennej występujące w nich wolno chłoną wodę, a przez to czas hydratacji cząsteczek i tworzenia ciągłej struktury ciasta ulega wydłużeniu (Strange i Onwulata 2002, Collar i wsp. 2007). Chen i wsp. (1988 a) wyrażają pogląd, że dłuższy czas tworzenia struktury ciasta z udziałem otrąb wynika z rozproszenia glutenu oraz trudności w jednorodnym wymieszaniu otrąb i mąki pszennej. W badaniach własnych zaobserwowano także korzystne oddziaływanie otrąb i śruty owsianej na czas do załamania ciasta z mąki jasnej. Ciasta, a szczególnie te zawierające otręby, dłużej wytrzymywały obróbkę mechaniczną i ulegały mniejszemu rozmiękczeniu. Przyczyną tego mogą być występujące w systemie ciasta interakcje pomiędzy polisacharydami i białkami oraz zwiększona absorpcja wody (Collar i wsp. 2007). Zmiany właściwości ciasta uzyskanego z mąki typu 1850 oraz śruty lub otrąb owsianych miały inny charakter niż w przypadku mąki typu 500. Ich czas rozwoju nie zmieniał się przy wzroście ilości otrąb i śruty. Nie stwierdzono również istotnych różnic w stałości ciasta. Zaobserwowano natomiast, że otręby owsiane w odróżnieniu od śruty i mąki owsianej powodowały rozluźnienie ciast z mąki ciemnej, w związku z czym już przy 10% ich udziale wzrastał współczynnik tolerancji na mieszenie, a czas do załamania ulegał znacznemu skróceniu.

Wprowadzenie zbóż niechlebowych i produktów zbożowych innych niż mąka pszenna lub żytnia do receptury pieczywa wywiera wpływ na proces fermentacji ciasta (Flaczyk i Kawka 1999). Według Kawki i Gąsiorowskiego (1995 a, b) oraz Kawki i Krolla (2006) 20–40% dodatek mąki lub otrąb owsianych do mąki pszennej typów 500 i 550 powoduje skrócenie czasu fermentacji końcowej o 7–10 min. W warunkach przemysłowego wypieku chleba takie oddziaływanie może być korzystne ze względu na możliwość skrócenia procesu technologicznego. W badaniach własnych wszystkie otrzymane laboratoryjnie produkty owsiane powodowały, że czas fermentacji końcowej ciasta pszenno-owsianego był krótszy niż ciasta pszennego. Wielkość zmian zależała od rodzaju i wielkości udziału zastosowanego w mieszance produktu owsianego oraz mąki pszennej. Porównując czas rozrostu końcowego ciast pszenno-owsianych z mąki jasnej i ciemnej, stwierdzono, że ciasta z mąki typu 500 charakteryzowały się dłuższymi czasami fermentacji końcowej niż ciasta z mąki typu 1850. Najkrócej fermentowały ciasta zawierające śrutę, przy wszystkich poziomach udziału w mieszance z obiema mąkami pszennymi. Szybko pełny rozrost uzyskiwały także ciasta z otrębami owsianymi. Najmniejsze zmiany tej cechy wywoływała mąka owsiana. Obserwowany krótki czas fermentacji ciast z mąki typu 1850 oraz ciast zawierających otręby i śrutę owsianą jest przypuszczalnie związany z tym, że wymienione produkty zawierają znaczne ilości peryferyjnych części ziarniaka, w których (szczególnie w warstwie aleuronowej) gromadzone są białka funkcjonalne o aktywności enzymatycznej powodujące rozkład

składników mąki (Gąsiorowski 2004). Związki powstałe w wyniku degradacji polisacharydów i białek mogą być łatwo wykorzystywane przez drożdże podczas fermentacji, wobec czego skraca się czas rozrostu końcowego ciasta.

Zastąpienie części mąki jasnej produktem owsianym przeważnie przyczynia się do zmniejszenia objętości chleba pszenno-owsianego w porównaniu do chleba pszennego (D'Appolonia i Youngs 1978, Oomah 1983, Krishnan i wsp. 1987, Chen i wsp. 1988 a, Oomah i Lefkovitch 1988, Kawka i Gąsiorowski 1993, 1995 a, b, Dojczew i wsp. 1996, Mazurkiewicz i Achremowicz 1996, Zhang i wsp. 1998, Czubaszek 2001, Gambuś i wsp. 2001, 2003, Kawka i Kroll 2006). Niemniej jednak przy niewielkich dodatkach produktów owsianych (5–10%) do mąki jasnej obserwowano także zwiększenie objętości pieczywa pszenno-owsianego w porównaniu z pszennym (Lapveteläinen i wsp. 1994, Subda i wsp. 1998 a, Czubaszek i Karolini-Skaradzińska 2005, Czubaszek 2006). Lapveteläinen i wsp. (1994) oraz Doehlert (2001) uważają, że przyczyną większej objętości pieczywa pszenno-owsianego od pszennego może być korzystne oddziaływanie tłuszczu z produktów owsianych na właściwości ciasta. Delcour i wsp. (1991) wykazali natomiast, że do zwiększenia objętości chlebów może dochodzić pod wpływem dodatku β -glukanu, którego produkty owsiane zawierają więcej niż mąki pszenne. W badaniach własnych przy 10–30% udziale mąki owsianej w mieszankach z mąką typu 500 i 10–50% w mieszankach z mąką typu 1850 zauważono tendencję wzrostu tego parametru nie stwierdzono jednak statystycznie istotnych zmian objętości bochenków. Większy niż 30% dodatek mąki owsianej do mąki jasnej przyczyniał się do zmniejszenia objętości bochenka. Otręby owsiane przy 10% udziale nie zmieniały objętości chleba z mąką typu 500 i poprawiały tę cechę pieczywa z mąką typu 1850. Przy dodatkach tego produktu do obu mąk pszennych w ilości od 20% wzwyż obserwowano zmniejszenie objętości tym większe, im większy był ich udział. Podobnie jak otręby na objętość chleba wpływała śruta owsiana. Mała objętość chleba pszenno-owsianego według Krishnan'a i in (1987), Chen'a i wsp. (1988 b) oraz Collar'a i wsp. (2007) jest wynikiem rozproszenia glutenu i interakcji pomiędzy włóknem a glutenem. Za przyczynę tego zjawiska uznaje się także osłabienie struktury glutenowej spowodowane wzrostem ilości białek rozpuszczalnych i azotu nierozpuszczalnego (Oomah 1983, Oomah i Lefkovitch 1988, Magnus i wsp. 2000) oraz odmienne właściwości skrobi owsianej (małe rozmiary ziaren skrobiowych) w porównaniu do pszennej (Gambuś i Gibiński 2003). Niektórzy autorzy (Oomah 1983, Krishnan i wsp. 1987, Kawka i Kroll 2006, Collar i wsp. 2007) sugerują, że zmniejszenie objętości pieczywa pszenno-owsianego w stosunku do pszennego jest wynikiem obniżonej zdolności zatrzymywania gazu w kęsach.

Seibel (2000) uważa, że wysoka zawartość błonnika w mące przeznaczonej do wypieku sprzyja dużej wydajności pieczywa. Wobec tego dodatek do mąki pszennej produktów owsianych, uznawanych za bogate źródło błonnika pokarmowego, powinien korzystnie oddziaływać na tę cechę. Gambuś i wsp. (2003), stosując 3–10% dodatek mąki i otrąb owsianych do mąki typu 650 nie stwierdzili zmian wydajności pieczywa. Taki dodatek przypuszczalnie był zbyt mały, by uzyskać wzrost ilości błonnika w mieszance na takim poziomie, który pozwalałby istotnie zwiększyć zatrzymywanie wody w chlebie i związany z tym wzrost wydajności pieczywa. W badaniach własnych mąka owsiana, nawet w ilości 50%, nie zmieniała nadpieku chleba z mąki jasnej, a ponadto w mieszance z mąką ciemną powodowała, że sukcesywnie ze wzrostem jej ilości

(10–50%) zmniejszał się nadpiek chleba. Związane to było z mniejszą niż mąki typu 1850 wodochłonnością mąki owsianej i stwierdzonym zmniejszeniem wodochłonności mieszanek tych mąk przy wzroście ilości mąki owsianej. Śruta owsiana we wszystkich stosowanych dawkach (10–30%) nie wpływała na nadpiek chleba z mąki jasnej oraz ciemnej. Korzystne oddziaływanie na nadpiek chleba z obu mąk pszennych wykazywały jedynie otręby owsiane w ilości powyżej 20%. Wzrost wartości tej cechy przy 30–50% udziale otrąb wynosił od 4,5 do 11,6%, co jest bardzo pozytywne ze względów ekonomicznych.

Magnus i wsp. (2000) w swoich badaniach wykazali istotność korelacji pomiędzy objętością pieczywa pszennego a strukturą jego miękiszu. Wobec tego można się spodziewać, że jeżeli produkty owsiane powodują zmniejszenie objętości pieczywa pszenno-owsianego w stosunku do pszennego, to będą także negatywnie wpływać na strukturę jego miękiszu. Gambuś i wsp. (2003) uzyskali znaczne zwiększenie twardości miękiszu chleba już przy 3–10% udziale mąki lub otrąb owsianych w mieszance z mąką typu 650. Kawka i Gąsiorowski (1995 b) wykazali natomiast, że miękisz chleba pszenno-owsianego jest zbity i mało elastyczny dopiero, gdy dodatek mąki owsianej jest większy niż 30%. W badaniach własnych znaczące dla konsumenta pogorszenie struktury miękiszu w pieczywie z mąki typu 500 obserwowano przy 50% udziale mąki owsianej oraz w chlebach z mąki typu 1850 przy 40 i 50% dodatku mąki owsianej, 30, 40 i 50% dodatku otrąb i 30% śruty owsianej. Pogorszenie struktury miękiszu polegało na tym, że stawał się on pod wpływem dodatku produktu owsianego twardy, zbity, miał tendencję do kruszenia się i pękania oraz cechował się nierównomierną i grubościenną porowatością. Ocena porowatości miękiszu według tablic Dallmanna wykazała, że współczynnik porowatości pieczywa z mąki typu 500 ulegał statystycznie istotnemu zmniejszeniu przy udziale mąki owsianej powyżej 30% i otrąb owsianych powyżej 20%. W przypadku śruty owsianej jej 10% udział w mieszance z mąką jasną, podobnie jak we wcześniejszych badaniach (Czubaszek 2006), powodował poprawę równomierności struktury miękiszu. Dobre właściwości miękiszu chleba z 10% udziałem mąki i otrąb owsianych oraz pogorszenie jego struktury po zwiększeniu dodatku do 20–40% uzyskali również Seibel i wsp. (1991). Kawka i Kroll (2006) natomiast, stosując handlowe otręby owsiane nawet przy 40% ich udziale w mieszance z mąką typu 550, otrzymali niewielkie zmiany porowatości miękiszu. Przyczyną poprawy porowatości miękiszu pieczywa pszenno-owsianego przy niewielkich dodatkach produktów owsianych może być oddziaływanie β -glukanu, który według Wang'a i wsp. (1998) stabilizuje pory gazowe w cieście i zapobiega ich łączeniu się. Wyniki badań własnych wskazują ponadto, że miękisz chleba pszenno-owsianego z udziałem mąki typu 1850 ulega większym niekorzystnym zmianom w porównaniu do miękiszu chleba pszenno-owsianego z mąki typu 500. Otręby owsiane już w ilości 10%, a mąka i śruta owsiana od 20% istotnie obniżały współczynnik porowatości, a większe udziały wymienionych produktów owsianych powodowały dalsze zmiany tej cechy pieczywa. Pogorszenie struktury miękiszu chleba pszenno-owsianego przy dużych udziałach produktów owsianych może wynikać z rozproszenia białek glutenowych i osłabienia siatki glutenowej pod wpływem dodatku produktów owsianych, o którym donosili Oomah (1983), Chen i wsp. (1988 b), Oomah i Lefkovich (1988) oraz Zhang i wsp. (1998). Park i wsp. (2005) stwierdzili natomiast, że struktura miękiszu chleba pszennego zależy od odpowiedniej proporcji dużych i małych ziaren

skrobiowych. Wobec tego zastąpienie mąki pszennej produktem owsianym zawierającym skrobię o bardzo małych ziarnach, powoduje zmianę proporcji ziaren dużych i małych, co może ujemnie wpływać na porowatość miękiszu.

W badaniach Brümmer'a i wsp. (1988) wykazano, że stosując do tej samej mąki pszennej dodatek różnych produktów owsianych, uzyskuje się chleby o zróżnicowanych właściwościach miękiszu. Wyniki otrzymane przez tych autorów wskazują, że lepszą strukturę miękiszu mają chleby zawierające płatki owsiane niż chleby z mąką lub kaszą owsianą. W badaniach własnych, przy zastosowaniu do wypieku chleba pszenno-owsianego mąki, otrąb i śruty owsianej uzyskanych w warunkach laboratoryjnego przemiału ziarna owsa, stwierdzono, że najlepszą strukturę miękiszu miały chleby z udziałem mąki owsianej, a następnie śruty. Pieczywo z otrębami odznaczało się miękiszem mniej równomiernym niż chleb z mąką i śrutą owsianą.

Ustalenia innych badaczy wskazują, że możliwe jest uzyskanie dobrego pieczywa pszenno-owsianego charakteryzującego się odpowiednim smakiem, przyjemnym aromatem i właściwą strukturą miękiszu (Brümmer i wsp. 1988, Seibel i wsp. 1991, Kawka i Gąsiorowski 1995 a, b, Dojczew i wsp. 1996, Kawka i Kroll 2006). Znaczący wpływ na jakość chleba pszenno-owsianego ma rozproszenie glutenu i zwiększenie ilości błonnika powodowane dodatkiem produktów owsianych do mąki pszennej (Krishnan i wsp. 1987). Według Gambuś i wsp. (2001, 2003, 2006) mąka lub otręby owsiane w ilości do 10% nie pogarszają oceny sensorycznej pieczywa w porównaniu ze standardowym chlebem pszennym i w ocenie organoleptycznej jest ono kwalifikowane do I klasy jakości. W badaniach własnych pod względem organoleptycznym wysoko sklasyfikowano chleby z mąki pszennej typów 500 i 1850 oraz pszenno-owsiane z dodatkiem 10 i 20% mąki, otrąb lub śruty owsianej. Dobrą jakością odznaczały się także chleby z obu mąk pszennych z 30% udziałem mąki lub otrąb owsianych oraz z 40% udziałem mąki owsianej. Wysoki wynik oceny organoleptycznej uzyskało także pieczywo z mąki typu 1850 z 30% udziałem śruty owsianej. Mało punktów otrzymało pieczywo z mąki pszennej typu 500 z 50% udziałem mąki i otrąb owsianych oraz pieczywo z mąki typu 1850 z 40 i 50% udziałem wymienionych produktów. Okazało się ponadto, że chleby wypieczone z materiału doświadczalnego w pierwszym roku badań miały gorzki smak, gdy dodatek produktów owsianych wynosił powyżej 30%. O występowaniu cierpkiego i gorzkiego smaku w pieczywie pszenno-owsianym donosili wcześniej Brümmer i wsp. (1988) oraz Seibel i wsp. (1991). Gorzki smak produktów owsianych jest przypuszczalnie związany z dużą zawartością lipidów i kwasów nienasyconych oraz wysoką aktywnością enzymów lipolitycznych. Może on powstawać na skutek procesów hydrolizy lipidów (Liukkonen i wsp. 1992, O'Connor i wsp. 1992, Molteberg i wsp. 1995). Materiał badawczy stosowany w pierwszym roku badań pochodził ze zbiorów w roku o bardzo dużej ilości opadów w ostatnim okresie wegetacji. Takie warunki wzrostu roślin mogły przyczynić się do zwiększenia aktywności enzymatycznej w produktach owsianych, a w rezultacie do niekorzystnych zmian smaku pieczywa pszenno-owsianego.

W ostatnich latach zwraca się szczególną uwagę na wartość żywieniową spożywanych produktów, a przy jej określaniu uwzględnia się wartość energetyczną (kaloryczną) oraz zawartość składników takich jak białko, węglowodany i tłuszcze. Wartość odżywcza pieczywa jest zróżnicowana i zależy od surowców użytych do produkcji, sposobu ich wytwarzania oraz zastosowanych procesów technologicznych (Lebiedzińska i wsp. 2005).

Przygodna i Nadolna (1999) podają, że wartość energetyczna 100 g pieczywa waha się od 223 kcal (razowe żytnie) do 409 kcal (półfrancuskie z dżemem). W badaniach własnych jak należało oczekiwać pieczywo z mąki typu 1850 było znacznie mniej kaloryczne niż pieczywo z mąki typu 500. Wprowadzenie do pieczywa, z obu badanych mąk pszennych, otrąb owsianych w ilości od 30% wzwyż powodowało zwiększenie nadpieku pieczywa związane z dużą zdolnością wiązania wody w miększu, co przyczyniło się do obniżenia wartości energetycznej. Mniejsze dodatki otrąb oraz 10–50% udział mąki i 10–30% udział śruty owsianej powodowały wzrost wartości tej cechy w chlebie pszennym z mąki jasnej maksymalnie o 8,7 kcal/100 g a w chlebie z mąki ciemnej o 23 kcal/100 g. Przyczyną zwiększenia kaloryczności pieczywa pszenno-owsianego w stosunku do pszennego jest zwiększenie w nim zawartości tłuszczu przy wzroście ich ilości w mieszance.

Sosulski i Wu (1988) oraz Gambuś i wsp. (2003, 2006) zaobserwowali, że otręby owsiane dodane do mąki pszennej powodują wzrost ilości białka w mieszankach pszenno-owsianych. W badaniach własnych, na podstawie teoretycznego oszacowania zawartości składników odżywczych w chlebach z różnym udziałem produktów owsianych, stwierdzono, że tylko dodatek otrąb i śruty powoduje zwiększenie ilości białka w chlebie mieszanym w porównaniu do chleba kontrolnego. Zastąpienie części mąki pszennej, mąką owsianą powodowało zubożenie pieczywa w ten składnik. Niemniej jednak wartość biologiczna białka w pieczywie pszenno-owsianym może być większa niż w pieczywie pszennym, ponieważ skład aminokwasowy białka owsianego jest korzystniejszy niż białka pszennego (Kawka i Kędzior 1998, Szajewska i wsp. 2001).

Spożywanie pokarmów wysokowęglowodanowych o wysokim indeksie glikemicznym, a do takich należy zaliczyć pieczywo pszenne z mąki jasnej, sprzyja otyłości i rozwojowi cukrzycy typu 2 (Foster–Powell i wsp. 2002). Pieczywo z mąki pełnoziarnistej, z powodu dużego udziału błonnika pokarmowego, ma lepsze właściwości żywieniowe niż pieczywo jasne. Produkty owsiane, a szczególnie otręby, charakteryzują się niskim indeksem glikemicznym (Foster–Powell i wsp. 2002). Zawierają ponadto mniejsze ilości skrobi w porównaniu z mąkami pszennymi, co wykazano również w badaniach własnych. W związku z tym zastosowanie ich do wypieku pieczywa powinno korzystnie oddziaływać na zawartość węglowodanów i wartość odżywczą pieczywa pszenno-owsianego. W badaniach własnych na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że pieczywo z mąki typu 500 z udziałem mąki, otrąb lub śruty owsianej w porównaniu z pieczywem bez dodatków owsianych miało mniejszą zawartość węglowodanów ogółem. W przypadku pieczywa ciemnego z mąki typu 1850 zmniejszenie ilości węglowodanów ogółem następowało tylko przy 10–50% udziale otrąb oraz 30% śruty owsianej.

7. WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych badań oraz ich analiza pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Otręby i śruta odznaczały się mniejszą zawartością skrobi, a większą ilością białka ogółem, tłuszczu, popiołu oraz mikro- i makroelementów niż mąka owsiana oraz mąka typów 500 i 1850. Mąka owsiana natomiast, w porównaniu z mąkami pszennymi, zawierała mniej białka ogółem, skrobi i pentozanów, lecz więcej tłuszczu. Zawartość popiołu oraz mikro- i makroelementów była w niej większa niż w mące typu 500, a mniejsza niż w mące typu 1850. Aktywność proteolityczna mąki, otrąb i śruty owsianej była zbliżona do aktywności tych enzymów w mąkach pszennych.

2. W tłuszczu wszystkich produktów owsianych stwierdzono większy udział nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz mniejszą ilość kwasów nasyconych i nienasyconych o konfiguracji *trans* w porównaniu do tłuszczu mąk pszennych.

3. Wartości liczby opadania i lepkości kleików produktów owsianych były większe niż kleików pszennych. Przetrzywanie kleików owsianych w wysokiej temperaturze powodowało, w przeciwieństwie do pszennych, duże obniżenie lepkości, a po ochłodzeniu ich lepkość wzrastała bardziej niż kleików pszennych.

4. Zastąpienie mąki pszennej mąką i śrutą owsianą przyczyniało się do zwiększenia początkowej temperatury kleikowania mieszanek. Dodatek otrąb owsianych obniżał końcową temperaturę kleikowania mieszanek z mąką typu 500. Wszystkie produkty owsiane w mieszankach z mąkami pszennymi zwiększały lepkość kleików. Przy czym kleiki te charakteryzowały się mniejszą wytrzymałością na działanie wysokiej temperatury i większym wzrostem lepkości po ochłodzeniu niż kleiki pszenne.

5. Śruta i otręby owsiane korzystnie wpływały na właściwości ciasta mieszanego z mąki pszennej typu 500, powodując zwiększenie wodochłonności tych mieszanek i wytrzymałości na mieszenie ciasta z nich otrzymanego. W mieszankach z mąką typu 1850 produkty te powodowały zwiększenie rozmiękczenia ciasta. Mąka owsiana powodowała skrócenie czasu tworzenia się ciast z obu typów mąki pszennej oraz nie zmieniała jego wytrzymałości na obróbkę mechaniczną.

6. Zastąpienie mąki pszennej produktami z owsa powodowało skrócenie czasu fermentacji końcowej ciasta.

7. Mąka owsiana jako zamiennik mąki pszennej typu 1850 w ilości 10–50% oraz mąki typu 500 w ilości 10–30% powodowała niewielki wzrost objętości chlebów. Udział tego produktu w mieszankach z mąką typu 1850 zmniejszał nadpiek chleba. Pieczywo z obu mąk pszennych z dodatkiem 10–40% mąki owsianej wysoko sklasyfikowano w ocenie organoleptycznej.

8. Udział 10% otrąb w mieszankach z mąkami pszennymi w niewielkim stopniu zwiększał objętość chleba. Większe (20–50%) ilości tego produktu powodowały

zmniejszenie objętości i nadpieku chleba jasnego i ciemnego. Miększy chleba z mąki pszennej typu 1850 wysoko oceniano tylko przy 10–20% tego produktu, a chleba z mąki typu 500 – jeszcze przy 30%. Dobrą jakością cechowało się pieczywo z 10–30% udziałem otrąb.

9. Śruta owsiana jako zamiennik mąki pszennej zmniejszała objętość pieczywa mieszanego z mąki jasnej i ciemnej. Nadpiek chleba z mąki typu 500 przy zwiększającej się ilości śruty w mieszance wykazywał tendencję wzrostu, a z mąki typu 1850 się zmniejszał. Dobrą jakością charakteryzowało się pieczywo z 10–30% udziałem śruty w mieszankach z mąką jasną i ciemną.

10. Właściwości ciasta i pieczywa pszenno-owsianego z mąki ciemnej ulegały większym niekorzystnym ze względów technologicznych zmianom pod wpływem dodatku produktów owsianych w porównaniu do ciasta i pieczywa z udziałem mąki jasnej.

11. Pod względem wartości odżywczej pieczywo z dodatkiem otrąb i śruty owsianej oceniono wyżej niż pieczywo pszenne i z mąką owsianą. Charakteryzowało się ono zwiększoną zawartością białka i lipidów, a mniejszą ilością węglowodanów ogółem w porównaniu z pieczywem pszennym jasnym i ciemnym. Udział 30–50% otrąb owsianych zarówno w mieszance z mąką jasną, jak i ciemną obniżał wartość energetyczną pieczywa. Dodatek mąki owsianej zwiększał wartość energetyczną pieczywa i obniżał w nim zawartość białka.

12. Stwierdzono korzystne oddziaływanie produktów owsianych na wartość odżywczą pieczywa pszennego jasnego i ciemnego oraz na nadpiek chleba jasnego. Dobrymi właściwościami cechowało się pieczywo jasne i ciemne z dodatkiem do 30% śruty i otrąb owsianych. Mąkę owsianą można stosować w ilości do 40% bez znacznego pogorszenia struktury miękiszu chleba.

8. PIŚMIENNICTWO

- AACC. American Association of Cereal Chemists, 2000. Approved methods of the AACC. 10th ed. The Association, St. Paul.MN.
- Aamodt A., Magnus E.M., Færgestad E.M., 2005. Hearth bread characteristics: Effect of protein quality, protein content, whole meal flour, DATEM, proving time, and their interactions. *Cereal Chem.*, 82, 290–301.
- Abdel-Aal E.-S.M., Hucl P., Chibbar R.N., Han H.L., Demeke T., 2002. Physicochemical and structural characteristics of flour and starches from waxy and nonwaxy wheats. *Cereal Chem.*, 79, 458–464.
- Akers A.A., Hoseney R.C., 1994. Water soluble dextrans from α -amylase – treated bread and their relationship to bread firming. *Cereal Chem.*, 71, 223–226.
- Åman P., Rimsten L., Andersson R., 2004. Molecular weight distribution of β -glucan in oat based foods. *Cereal Chem.*, 81, 356–360.
- Andersson M., Ellegård L., Andersson H., 2002. Oat bran stimulates bile acid synthesis within 8h as measured by 7α -hydroxy-4-cholesten-3-one. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76(5), 1111–1116.
- Andlauer W., Fürst P., 1998. Antioxidative power of phytochemicals with special reference to cereals. *Cereal Foods World*, 5, 356–359.
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Arts I.C.W., Hollman P.C., 2005. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, 81(1), 317S–325S.
- Attenburrow G.E., Barnes P.J., 1990. Rheological properties of wheat gluten. *J. Cereal Sci.*, 12, 1–40.
- Autio K., Flander L., Kinnunen A., Heinonen R., 2001. Bread quality relationship with rheological measurements of wheat flour dough. *Cereal Chem.*, 78, 654–657.
- Autio K., Myllymäki O., Sourtti T., Saastamoinen M., Poutanen K., 1992. Physical properties of (1-3)(1-4)- β -D-glucan prepartes isolated from Finnish oat varieties. *Food Hydrocolloids*, 5/6, 513–522.
- Bahnassey Y.A., Breene W.M., 1994. Rapid Visco Analyzer (RVA) pasting profiles of wheat, corn, waxy corn, tapioca and amaranth starches (*A. hypochondriacus* and *A. cruentus*) in the presence of konjac flour, gellan, guar, xanthan and locust bean gums. *Starch*, 46, 134–141.
- Bartnik M., Rothkaehl J., 1997. Owies – zboże warte zainteresowania. *Przem. Spoż.*, 6, 17–19, 38.
- Bartnikowska E., Lange E., 2000. Znaczenie dietetyczne przetworów owsianych i ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(22), 18–36.

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M., 2000 a. Ziarno owsa – niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. *Biul. IHAR*, 215, 209–221.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M., 2000 b. Ziarno owsa – niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. *Biul. IHAR*, 215, 223–237.
- Bartnikowska E., Piesiewicz H., 1999. Rola produktów zbożowych w profilaktyce chorób nowotworowych. *Prz. Piek.*, 7, 2–3.
- Beer M.U., Wood P.J., Weisz J., Fillion N., 1998. B-Glucan im Getreide: physikochemische und physiologische Eigenschaften. *Getreide Mehl Brot*, 52(6), 336–340.
- Behall K.M., Scholfield D.J., Hallfrisch J., 1997. Effect of β -glucan level in oat fibre extracts on blood lipids in men and women. *J. Am. Coll. Nutr.*, 16, 46–51.
- Belc N., 1997. Proteolytic activity influence on cultivars and bread quality. ICC International Symposium 1997 in Detmold, June 12–13, 6.
- Berski W., Gibiński M., 2001. Charakterystyka tłuszczów polskich odmian i rodów owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2(27), 22S–31S.
- Bhatty R.S., 1993. Physicochemical properties of roller-milled barley bran and flour. *Cereal Chem.*, 70, 397–402.
- Białasiewicz M., 2003. Porównanie parametrów wypiekowych mąki. *Cukiernictwo i Piekarstwo*, 7–8, 16–18.
- Bietz J.A., Wall J.S., 1975. The effects of various extractans on the subunit composition and associations of wheat glutenin. *Cereal Chem.*, 52, 145–155.
- Brand-Miller J.C., Holt S.H.C., Pawlak D.B., McMillan J., 2002. Glycemic index and obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76(1), 281S–285S.
- Brijs K., Trogh I., Jones B.L., Delcour J.A., 2002. Proteolytic enzymes in germinating rye grains. *Cereal Chem.*, 79, 423–428.
- Bruce B., Spiller G.A., Kleavy L.M., Callagher S.K., 2000. A diet in whole and unrefined foods favorably alters lipids, antioxidant defenses and colon function. *J. Am. Coll. Nutr.*, 19, 61–67.
- Brümmer J.-M., Morgenstern G., Neuman H., 1988. Herstellung von Hafer-, Gerste-, Mais-, Reis-, Hirse- und Buchweizenbrot. *Getreide Mehl Brot*, 5, 153–158.
- Bryngelsson S., Sunnerheim K., Holm K., Dimberg L.H. 2003. Tentative aventhramide – modifying enzyme in oats. *Cereal Chem.*, 80, 361–364.
- Burda S., Oleszek W., Junkuszew M., 2001. Przeciwtleniające właściwości ekstraktów z ziarna zbóż. [W:] *Technologia żywności a oczekiwania konsumentów*. T. Haber, H. Porzucek (red.), Wyd. Technol. Żywn. SGGW, KTiChŻ PAN Warszawa, (CD), 4s.
- Bushuk W., Kawka A., 1990. Chemical reactions and interactions in doughs. [W:] *Interactions: the keys to cereal quality*. H. Hoseney (ed.) AACC Inc. St. Paul. MN, 1–16.
- Campos D.T., Steffe J.F., Ng P.K., 1997. Rheological behavior of undeveloped and developed wheat dough. *Cereal Chem.*, 74(4), 489–494.
- Chen H., Rubenthaler G.L., Leung H.K., Baranowski J.O., 1988 a. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chem.*, 65, 244–247.

- Chen H., Rubenthaler G.L., Schasnus E.G., 1988 b. Effect of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. *J. Food Sci.*, 53, 304–308.
- Chen H.L., Haack V.S., Janecky C.W., Vollendorf N.W., Marlett J.A., 1998. Mechanism by which wheat bran and oat bran increase stool weight in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 68(3), 711–719.
- Cichoń Z., Miśniakiewicz M., 2001. Badanie preferencji konsumenckich pieczywa w aspekcie jego jakości. [W:] *Technologia żywności a oczekiwania konsumentów*. T. Haber, H. Porzucek (red.), Wydż. Technol. Żywn. SGGW, KTiChŻ PAN Warszawa, (CD), 6s.
- Claye S.S., Idouraine A., Weber C.W., 1996. Extraction and fraction of insoluble fiber from five fiber sources. *Food Chem.*, 57, 305–310.
- Colleoni-Sirghie M., Jannink J.-L., Kovalenko I.V., Briggs J.L., White P.J., 2004. Prediction of β -glucan concentration based on viscosity evaluations of raw oat flours from high β -glucan and traditional oats lines. *Cereal Chem.*, 81, 434–443.
- Collar C., Santos E., Rosell C.M., 2007. Assessment of the rheological profile of fibre-enriched bread doughs by response surface methodology. *J. Food Eng.*, 78, 820–826.
- Crosby G.A., 2005. Lignans in food and nutrition. *Food Technol.*, 59(5), 32–36.
- Czubaszek A., 2001. Ocena ciasta i pieczywa pszennego z dodatkiem mąki i otrąb owsianych. [W:] *Technologia żywności a oczekiwania konsumentów*. T. Haber, H. Porzucek (red.), Wydż. Technol. Żywn. SGGW, KTiChŻ PAN Warszawa, (CD), 6s.
- Czubaszek A., 2003. Wybrane cechy fizyczne i skład chemiczny ziarna kilku odmian owsa. *Biul. IHAR*, 229, 307–315.
- Czubaszek A., 2006. Ocena właściwości reologicznych ciasta i jakości chleba pszennego z dodatkiem owsa. *Biul. IHAR*, 239, 247–257.
- Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z., 2005. Effects of wheat flour supplementation with oat products on dough and bread quality. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 14/55(3), 281–286.
- D'Appolonia B.L., Youngs V.L., 1978. Effect of bran and high-protein concentrate from oats on dough properties and bread quality. *Cereal Chem.*, 55, 736–743.
- Davy B.M., Davy K.P., Ho R.C., Beske S.D., Davrath L.R., Melby C.L., 2002. High-fibre oat cereal compared with wheat cereal consumption favorably alters LDL-cholesterol subclan and particle numbers in middle-aged and older men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76(2), 351–358.
- Dawkins N.L., Nnanna I.A., 1993. Oat gum and β -glucan extraction from oat bran, rolled oats: temperature and pH effects. *J. Food Sci.*, 58(3), 562–566.
- Decker E., Beecher G., Slavin J., Miller H.E., Marquart L., 2002. Whole grains as a source of antioxidants. *Cereal Foods World*, 47(8), 370–374.
- Degutyte-Fomins L., Sontag-Strohm T., Salovaara H., 2002. Oat bran fermentation by rye sourdough. *Cereal Chem.*, 79, 345–348.
- Delcour J.A., Vanhamel S., Hosney R.C., 1991. Physicochemical and functional properties of rye nonstarch polysaccharides. II. Impact of a fraction containing water soluble pentosans and proteins on gluten starch loaf volumes. *Cereal Chem.*, 68, 72–76.

- Dobraszczyk B.J., Morgenstern M.P., 2003. Rheology and the breadmaking process. *J. Cereal Sci.*, 38, 229–245.
- Doehlert D.C., 2001. Oat oil for healthier bread. *Agric. Res.*, 49(5), 23.
- Doehlert D.C., McMullen D.C., 2000. Genotypic and environmental effects on oat milling characteristics and groat hardness. *Cereal Chem.*, 72, 148–154.
- Doehlert D.C., McMullen M.S., 2003. Identification of sprout damage in oats. *Cereal Chem.*, 80, 608–612.
- Doehlert D.C., McMullen D.C., Hammond J.J., 2001. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. *Crop Sci.*, 41, 1066–1072.
- Doehlert D.C., Moore W.R., 1997. Composition of oat bran and flour prepared by three different mechanisms of dry milling. *Cereal Chem.*, 74, 403–406.
- Doehlert D.C., Zhang D., Moore W.R., 1997. Influence of heat pretreatments of oat grain on the viscosity of flour slurries. *J. Sci. Food Agric.*, 74, 125–131.
- Dojczew D., Kosiewicz D., Lewczuk J., 1996. Wpływ dodatków naturalnych na jakość pieczywa pszennego. *Prz. Piek.*, 7, 35–36.
- Dokuyucu T., Peterson D.M., Akkaya A., 2003. Contents of antioxidant compounds in turkish oats: simple phenolics and avenanthramide concentrations. *Cereal Chem.*, 80, 542–543.
- Doxastakis G., Zafiriadis I., Irakli M., Marlani H., Tananaki C., 2002. Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. *Food Chem.*, 77, 219–227.
- Elmadfa I., Muskat E., 2004. *Wielkie tabele kalorii i wartości odżywczych*. Muza SA., Warszawa.
- Emmons C.L., Peterson D.M., 1999. Antioxidant activity and phenolic contents of oat groats and hulls. *Cereal Chem.*, 76, 902–906.
- Finney P.L., 2001. Effects of falling number sample weight on prediction of α -amylase activity. *Cereal Chem.*, 78, 485–487.
- Flaczyk E., Kawka A., 1999. Zastosowanie wybranych dodatków technologicznych do pieczywa. [W:] *Surowce, technologia i dodatki a jakość żywności*. J. Czapski, W. Grajek, E. Pospiech (red.). Wyd. AR w Poznaniu, 167–186.
- Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Sourtti T., Autio K., 2003. Effect of sourdough on the β -glucan content of oat bread. 2nd Int. Symp. Sourdough. Brussels 8–11. oct. 2003, pp.83.
- Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Sourtti T., Autio K., 2004. Effects of gluten, water, and processing conditions on oat bread quality. [In:] *Proceedings 7th International Oat Conference*. Agrifood Research Reports 51, P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.), MTT Agrifood Research (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), pp. 126.
- Foster-Powell K., Holt S.H.A., Brand-Miller J.C., 2002. International table of glycemic index and glycemic load values. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76(5), 5–56.
- Gambuś H., 1997. Wpływ fizyczno-chemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa (badania modelowe). *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*. Rozprawy nr 226.

- Gambuś H., Gambuś F., Pisulewska E., 2001. Celowość zastosowania produktów przemiału owsa nagiego do wypieku chleba. [W:] *Technologia żywności a oczekiwania konsumentów*. T. Haber, H. Porzucek (red.), Wyd. Technol. Żywn. SGGW, KTiChŻ PAN Warszawa, (CD), 5 s.
- Gambuś H., Gambuś F., Pisulewska E., 2006. Całozziarnowa mąka owsiana jako źródło składników dietetycznych w chlebach pszennych. *Biul. IHAR*, 239, 259–267.
- Gambuś H., Gibiński M., 2003. Wpływ dodatku skrobi owsianej na jakość i starzenie się pieczywa pszennego. *Biul. IHAR*, 229, 291–299.
- Gambuś H., Gibiński M., Achremowicz B., 1996. Effect of addition of oat starch component on bread quality and staling. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(7), 166–174.
- Gambuś H., Pisulewska E., Gambuś F., 2003. Zastosowanie produktów przemiału owsa nieoplewionego do wypieku chleba. *Biul. IHAR*, 229, 283–290.
- Ganßmann W., 1994. β -Glucangehalte in deutschen Hafersorten und Laborversuche zur Anreicherung von β -Glucan und Gesamt-Ballaststoffen. *Getreide Mehl Brot*, 48(6), 45–49.
- Ganßmann W., 1998. B-Glucan in Hafer und Haferprodukten. *Getreide Mehl Brot*, 52(2), 341–345.
- Gąsiorowski H. (red.), 1995. *Owies – chemia i technologia*. PWRiL, Poznań.
- Gąsiorowski H., 2000. Wartość użytkowa owsa nagiego. *Prz. Zboż.-Młyn.*, 7, 15–16.
- Gąsiorowski H., 2003. Wartość fizjologiczno-żywnościowa owsa. *Prz. Zboż.-Młyn.*, 3, 26–28.
- Gąsiorowski H. (red.), 2004. *Pszenica – chemia i technologia*. PWRiL, Poznań.
- Gąsiorowski H., Kawka A., Kiryluk J., Kołodziejczyk P., 1995. Wykorzystanie mąki owsianej do ekstruzji. *Prz. Piek.*, 6, 2.
- Gąsiorowski H., Klockiewicz-Kamińska E., Chalcarz A., Górecka D., 1997. Charakterystyka polskiego owsa (cz.1). *Biuletyn Akademii Rolniczej w Poznaniu, Zakład Technologii Zbóż nr 6 (Rok VI)*, *Prz. Zboż.-Młyn.*, 4, 23–27.
- Gerhardt A.L., Gallo N.B., 1998. Full-fatt rice bran and oat bran similary reduce hypercholesterolemia in humans. *J. Nutr.*, 128, 865–869.
- Grajeta H., 1999. Effect of amaranth and oat bran on blood serum and liver lipids in rats depending on the kind of dietary fats. *Nahrung*, 43(2), 114–117.
- GUS 2005. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa i Obszarów Wiejskich, 2005*. Zakł. Wyd. Stat. Warszawa.
- Gustaw W., Achremowicz B., Glibowski P., Mleko S., 2001. Otrzymywanie i właściwości reologiczne gumy owsianej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(29), 46–56.
- Hallfrisch J., Behall K.M., 2000. Mechanisms of the effects of grains on insulin and glucose responses. *J. Am. Coll. Nutr.*, 19, 320S–325S.
- Hallfrisch J., Scholfield D.J., Behall K.M., 2003. Physiological responses of men and women to barley and oat extracts (Nu – Trim X) II. Comparison glucose and insulin responses. *Cereal Chem.*, 80, 80–83.
- Hampshire J., 2004. Variation in the content of the nutrients in oats and its relevance for the production of cereal products. [In:] *Proceedings 7th International Oat Conference*. Agrifood Research Reports 51. P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.) (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), MTT Agrifood Research, pp. 28.

- Hampshire J., Ganßmann W., Elmshorn, Meyer D., 1998. Qualität der Haferernte 1997 – Untersuchungen an Hafersorten und Industriehafer. *Getreide Mehl Brot*, 52, 4, 197–201.
- Hatcher D.W., 2005. Impact of a reduced wheat meal sample size on the falling number test. *Cereal Chem.*, 82, 450–454.
- Hollman P.C.H., 2001. Evidence for health benefits of plant phenols local or systemic effects. *J. Sci. Food Agric.*, 81, 842–852.
- Hoover R., Vasanthan T., 1992. Studies on isolation and characterization of starch from oat (*Avena nuda*) grains. *Carbohydr. Poly.*, 19, 285–297.
- Horvatić M., Guterman M., 1997. Available lysine content during cereal flake production. *J. Sci. Food Agric.*, 74, 354–358.
- Izydorczyk M., Biliaderis C.G., 1992. Influence of structure on the physicochemical properties of wheat arabinoxylan. *Carbohydr. Polym.*, 17, 237–247.
- Jakubczyk T., Haber T., 1983. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Jane J., Chen Y.Y., Lee L.F., McPherson A.E., Wong K.S., Radosavljevic M., Kasemsuwan T., 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chem.*, 76, 629–637.
- Janeczko Z., 2004. Polifenole roślinne w terapii schorzeń układu krążenia. *Panacea*, 3(8), 22–26
- Jankiewicz M., Kędzior Z., Paschke H., Czech C., Mazurek W., Smoczyńska I., Szymańska M.J., 1993. Wpływ wybranych dodatków technologicznych na jakość i wartość żywieniową chleba pszennego. *Prz. Piek.*, 3, 20–21.
- Jenkins D.J.A., Kendall C.W.C., Augustin L.S.A., Franceschi S., Hamadi M., Marchie A., Jenkins A.L., Axelsen M., 2002. Glycemic index: overview of implications in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76(1), 266S–273S.
- Johansson L., Virkki L., Maunu S., Lehto M., Ekholm P., Varo P., 2000. Structural characterization of water soluble β -glucan of oat bran. *Carbohydr. Polym.*, 42, 143–148.
- Jones B.L., Lookhart G.L., 2005. Comparison of edoproteinases of various grains. *Cereal Chem.*, 82, 125–130.
- Juntunen K.S., Niskanen L.K., Poutanen K.S., Holst J.J., Mykkänen H.M., 2002. Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75(2), 254–262.
- Kaarlehto T., Salovaara H., 2000. Effect of dry-kiln drying on falling number of oats. *Cereal Chem.*, 77, 177–180.
- Kamińska B.Z., Koreleski J., Skraba B., 1999. Efekt obłuszczenia ziarna owsa oraz uzupełniania paszy preparatem enzymatycznym na wyniki odchowu brojlerów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(18), 231S–239S.
- Karolini-Skaradzińska Z., Subda H., Korczak B., Kowalska M., Żmijewski M., Czubaszek A., 2001. Ocena technologiczna ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 27, 2, 68–77.
- Kawka A., 1996. Lipidy ziarna owsa – zawartość, rozmieszczenie i skład frakcyjny. *Post. Nauk Rol.*, 1, 65–73.

- Kawka A., 2004. Jęczmień i jego produkty. Charakterystyka, otrzymywanie i wykorzystanie w żywieniu człowieka. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozprawy Nauk., Zesz.* 342.
- Kawka A., Gąsiorowski H., 1993. Wykorzystanie produktów owsianych do produkcji chleba. *Prz. Piek.*, 9, 7–9.
- Kawka A., Gąsiorowski H., 1995 a. Produkty owsiane w piekarstwie. I. Wpływ otrąb owsianych dietetycznych na jakość chleba. *Prz. Piek.*, 4, 4–5.
- Kawka A., Gąsiorowski H., 1995 b. Produkty owsiane w piekarstwie. II. Wpływ mąki owsianej na jakość chleba. *Prz. Piek.*, 5, 8–10.
- Kawka A., Kędzior Z., 1998. Białka pochodzenia roślinnego, ich charakterystyka i znaczenie w żywieniu. Białka roślin zbożowych. [W:] Białka w żywności i żywieniu. J. Gawęcki (red.), Instytut Danone-Fundacja Promocji Zdrowego Żywności, Warszawa, 40–50.
- Kawka A., Kroll T., 2006. Wpływ otrąb owsianych na jakość ciasta i pieczywa pszennego. *Biul. IHAR*, 239, 237–245.
- Kączkowski J., 1995. Białka owsa. [W:] Owies – chemia i technologia. H. Gąsiorowski (red.), PWRiL, Poznań, 68–77.
- Kączkowski J., 2004. Białka. [W:] Pszenica – chemia i technologia. H. Gąsiorowski (red.), PWRiL, Poznań, 174–187.
- Koh-Banerjee P., Franz M., Sampson L., Liu S., Jacobs D.R. Jr, Spiegelman D., Willet W., Rimm E., 2004. Changes in whole-grain, bran and cereal fibre consumption in relation to 8-y weight gain among men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 80(5), 1237–1245.
- Kołodziejczyk P., Nadolińska J., Anioła J., Michniewicz J., 1997. Zawartość różnych form nieskrobiowych polisacharydów w bielmie i ziarnie wybranych odmian zbóż. XXVIII Sesja KTChŻ PAN „Postępy w technologii i chemii żywności”, Gdańsk, 197–198.
- Konopka I., Fornal Ł., Abramczyk D., Rothkaehl J., Rotkiewicz D., 2004. Statistical evaluation of different technological and rheological tests of Polish wheat varieties for bread volume prediction. *Int. J. Food Sci.*, 39, 11–20.
- Krełowska-Kułas M., 1993. Badanie jakości produktów spożywczych. PWE, Warszawa.
- Krishnan P.G., Chang K.C., Brown G., 1987. Effect of commercial oat bran on the characteristics and composition of bread. *Cereal Chem.*, 64, 55–58.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K., 2005. Tabele składu i wartości odżywczej. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Laaksonen D.E., Toppinen L.K., Juntunen K.S., Autio K., Liukkonen K.H., Poutanen K.S., Niskanen L., Mykkänen H.M., 2005. Dietary carbohydrate modification enhances insulin secretion in persons with the metabolit syndrome. *Am. J. Clin. Nutr.*, 82(6), 1218–1227.
- Lapveteläinen A., Alho-Lehto P., Sinn L., Laukkanen T., Lindman T., Kallio H., Kata-ranta J., Katajisto J., 2001. Relationship of selected physical and chemical, and sensory parameters in oat grain, rolled oats, and cooked oatmeal – a three year study with eight cultivars. *Cereal Chem.*, 78, 322–329.
- Lapveteläinen A., Poulanne E., Salovaara H., 1994. High - protein oat flour functionality assessment in bread and sausage. *J. Food Sci.*, 59(5), 1081–1085.

- Lebiedzińska A., Sperra J., Szczypski J., Szefer P., 2005. Wpływ procesów technologicznych na wartość odżywczą i jakość pieczywa wypieczonego z mąki pełnoziarnowej. *Prz. Piek.*, 3, 10–13.
- Lee C.J., Horseley R.D., Manthey F.A., Schwarz P.B., 1997. Comparisons of β -glucan content of barley and oat. *Cereal Chem.*, 74, 571–575.
- Linneman L., Leithold G., Rauber R., 2002. Kleberqualität als Bewertungskriterium der Backqualität von Weizen – Neue Erkenntnisse zu einem alten Thema. *Getreide Mehl Brot*, 56(3), 147–154.
- Liu S., Willet W.C., Manson J.E., Hu F.B., Rosner B., Colditz G., 2003. Relation between changes in intakes of dietary fibre and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 78(5), 920–927.
- Liukkonen K.H., Montfoort A., Laakso S.V., 1992. Water-induced lipid changes in oat processing. *J. Agric. Food Chem.*, 40(1), 126–130.
- Lue S., Hsieh F., Huff H.E., 1991. Estimation cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization and dietary fiber content. *Cereal Chem.*, 68, 227–234.
- Ma C.-Y., 1983. Chemical characterization and functionality assessment of protein concentrates from oats. *Cereal Chem.*, 60, 36–42.
- Maciejewicz-Ryś J., Sokół K., 1999. Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa* L.) i nagoziarnistego (*A. sativa* var. *Nuda*). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(18), 273S–278S.
- Magnus E.M., Bråthen E., Sahlström S., Vogt G., Færgestad E.M., 2000. Effects of flour composition, physical dough properties and baking process on hearth loaf properties studied by multivariate statistical methods. *J. Cereal Sci.*, 32, 199–212.
- Maier S.M., Turner N.D., Lupton J.R., 2000. Serum lipids in hypercholesterolemic men and women consuming oat bran and amaranth products. *Cereal Chem.*, 77, 297–302.
- Manthey F.A., Hareland G.A., Huseby D.J., 1999. Soluble and insoluble dietary content and composition in oat. *Cereal Chem.*, 76, 417–420.
- Marciniak A., Obuchowski W., 2006. Prozdrowotne właściwości ziarna zbóż. *Prz. Zboż.-Młyn.*, 5, 11–13.
- Martin M.L., Hoseney R.C., 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.*, 68, 503–507.
- Martin M.L., Zeleznak K.J., Hoseney R.C., 1991. A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling. *Cereal Chem.*, 68, 498–503.
- Maunsell C., 2004. Adding value to the poultry industry. [In:] *Proceedings 7th International Oat Conference*. Agrifood Research Reports 51, P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.), MTT Agrifood Research (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), 96.
- Mazurkiewicz J., Achremowicz B., 1996. Produkcja wyrobów piekarskich z dodatkiem ekstrudowanych materiałów owsianych. XXVII Sesja Nauk. KTiChŻ PAN Szczecin, 27–28 czerwca 1996, 143–147.
- McCann S.E., Moysich K.B., Freudenheim J.L., Ambrosone C.B., Shields P.G., 2002. The risk of breast cancer associated with dietary lignans differ by CYP17 genotype in women. *J. Nutr.*, 132, 3036–3041.

- Meltzer A., 2005. Oat bread that shouts flavor. *Modern Baking*, 11, 22–25.
- Meredith P., Jenkins L.D., 1973. Amylases of developing wheat, barley, and oat grains. *Cereal Chem.*, 50, 243–254.
- Michniewicz J., 1995. Pentozany w technologii zbóż. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk., Zesz.* 261.
- Michniewicz J., Biliaderis C.G., Bushuk W., 1991. Effect of added pentosans on some physical and technological characteristic of dough and gluten. *Cereal Chem.*, 68, 252–258.
- Michniewicz J., Kołodziejczyk P., Nadolna J., Anioła J., Ulichnowska L., 1998. Ocena zawartości różnych form nieskrobiowych polisacharydów. *Prz. Zboż.-Młyn.*, 5, 14–17.
- Mielczarz M., 2004. Żywnościowe i technologiczne aspekty zastosowania błonników pokarmowych do produkcji wyrobów piekarskich i ciastkarskich. *Prz. Zboż.-Młyn.*, 8, 7–9.
- Mikola M., 2004. Naturel® oat bran instant drink. In: *Proceedings 7th International Oat Conference*. Agrifood Research Reports 51, P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.), MTT Agrifood Research (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), 99.
- Molteberg E.L., Magnus E.M., Bjørge J.M., Nilsson A., 1996. Sensory and chemical studies of lipid oxidation in raw and heat-treated oat flours. *Cereal Chem.*, 73, 579–587.
- Molteberg E.L., Vogt G., Nilsson A., Frolich W., 1995. Effects of storage and processing on the content and composition of free fatty acids in oats. *Cereal Chem.*, 72, 88–93.
- Moudrý J., 1993. Bezpluchý oves v organickém zemědělství. *Alternativní zemědělství*, 9, 8.
- Nakaji S., Ishiguro S., Iwane S., Ohta M., Sugawara K., Sakamoto J., Fakuda S., 2004. The prevention of colon carcinogenesis in rats by dietary cellulose is greater than promotive effect of dietary lard as assessed by repeated endoscopic observation. *J. Nutr.*, 134, 935–939.
- Nita Z.T., 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(18), 180–192.
- Nita Z.T., 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. *Biul. IHAR*, 229, 13–20.
- O’Conor J., Perry H.J., Harwood J.L., 1992. A comparison of lipase activity in various cereal grains. *J. Cereal Sci.*, 16, 153–163.
- Ohm J.B., Chung O.K., 1999. Gluten, pasting, and mixograph parameters of hard winter wheat flours in relation to breadmaking. *Cereal Chem.*, 76, 606–613.
- Oomah B.D., 1983. Baking and related properties of wheat-oat composite flours. *Cereal Chem.*, 60, 220–225.
- Oomah B.D., Lefkovitch L.P., 1988. Optimal oxidant of wheat-oat composite flours. *Nahrung*, 32, 527–538.
- Paczos-Grzęda E., 2003. Charakterystyka niektórych cech ilościowych mieszańców międzygatunkowych F₂ heksaploidalnego owsa *Avena sativa* L. x *Avena sterilis* L. oraz form wyjściowych. *Biul. IHAR*, 229, 33–41.

- Park S.H., Chung O.K., Seib P.A., 2005. Effects of varying weight ratios of large and small wheat starch granules on experimental straight-dough bread. *Cereal Chem.*, 82, 166–172.
- Pedersen L., Kaack K., Bergsøe M.N., Adler-Nissen J., 2004. Rheological properties of biscuit dough from different cultivars, and relationship to baking characteristics. *J. Cereal Sci.*, 39(1), 37–46.
- Pereira M.A., Jacobs D.R. Jr, Pins J.J., Raatz S.K., Gross M.D., Salvin J.L., Saequist E.R., 2002. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hypercholesterolemic adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75(5), 848–855.
- Perten H., 1990. The development and international growth of the falling number method. *Proc Nordic Cereal Congress*, 24th. H. Johansson (ed.), Svenska Cerealistföreningen, Sweden, 45–67.
- Peterson D.M., 2001 a. Composition and structure of high-oil oat. *J. Cereal Sci.*, 26, 121–128.
- Peterson D.M., 2001 b. Oat antioxidants. *J. Cereal Sci.*, 33, 115–129.
- Peterson D.M., 2004. Oat – a multifunctional grain. [In:] *Proceedings 7th International Oat Conference*. Agrifood Research Reports 51, P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.), MTT Agrifood Research (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), 21–26.
- Peterson D.M., Wesenberg D.M., Burrup D.E., Erickson C.A., 2005. Relationship among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. *Crop Sci.*, 45(4), 1249–1255.
- Peterson D.M., Winegar A.C., 1986. Oat storage proteins. [W:] *Oats- Chemistry and Technology* F.H. Webster (red.) AACC, St Paul MN, 153–203
- Peterson D.M., Wood D.F., 1997. Composition and structure of high – oil oat. *J. Cereal Sci.*, 26, 121–128.
- Petkov K., Piech M., Łukaszewski Z., Kowieska A., 1999. Porównanie składu chemicznego i wartości pokarmowej owsa nieoplewionego i oplewionego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(18), 253S–259S.
- Petrofsky K.E., Hoseney R.C., 1995. Rheological properties of dough made with starch and gluten from several cereal sources. *Cereal Chem.*, 72, 53–58.
- Piispa E., Alho-Lehto P., 2004. Oat products digestibility studies and their nutritional information. [W:] *Proceedings. 7th International Oat Conference*. Agrifood Research Reports 51. P. Peltonen-Sainio, M. Topittulmi eds. MTT Agrifood Research Finland, (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), 100.
- Pisulewska E., Klima K., Witkowicz R., Borowiec F. 1999 a. Plon, zawartość oraz skład kwasów tłuszczowych owsa odmiany Dukat w zależności od udziału wsiewki wyki jarej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(18), 246S–252S.
- Pisulewska E., Witkowicz R., Borowiec F., 1999 b. Wpływ sposobu uprawy na plon oraz zawartość i skład kwasów tłuszczowych ziarna owsa nagoziarnistego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(18), 240S–245S.
- Pisulewski P.M., Gibiński M., Achrem-Achremowicz B., 1999. Współczesne metody oceny białek roślinnych na przykładzie ziarna owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(18), 196S–203S.
- Pisulewski P.M., Wołoch R., Pisulewska E., Amarowicz R., 2004. Total dietary fibre and beta glucans in milling fractions of covered and naked oat cultivars and their

- hypocholesterolemic effects in rats. [In:] Proceedings 7th International Oat Conference. Agrifood Research Reports 51, P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.), MTT Agrifood Research Finland (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), 135.
- Pizło H., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach, 1999. Skład chemiczny nowych rodów owsa uprawianego w warunkach Beskidu Niskiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1 (18), 142S–146S.
- PN-75/A-04018. Produkty rolno-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- PN-77/A-74041. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie ilości i jakości glutenu.
- PN-A-74022, 2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
- PN-A-74108, 1996. Pieczywo. Metody badań.
- PN-EN 13804, 2003. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie pierwiastków śladowych. Kryteria sprawności, zasady ogólne i przygotowanie próbek.
- PN-EN ISO 3946, 2000. Skrobia i produkty pochodne. Oznaczanie całkowitej zawartości fosforu. Metoda spektrofotometryczna.
- PN-ISO 2171, 1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie popiołu całkowitego.
- PN-ISO 3093, 1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- Przygodna B., Nadolna I., 1999. Charakterystyka wartości odżywczej pieczywa. *Prz. Piek.*, 1, 2–5.
- Puppo M.C., Calvelo A., Añón M.C., 2005. Physicochemical and rheological characterization of wheat flour dough. *Cereal Chem.*, 82, 173–181.
- Qu H., Madl R.L., Takemoto D.J., Baybutt R.C., Wang W., 2005. Lignans are involved in the antitumor activity of wheat bran in colon cancer SW80 cells. *J. Nutr.*, 135, 598–602.
- Rakowska M., Bartnikowa E., 1997. Zastosowanie owsa nagiego do produkcji żywności przydatnej w profilaktyce i dietoterapii zaburzeń gospodarki lipidowej. *Biul. IHAR*, 203, 235–240.
- Ralecewicz M., Knapowski T., 2006. Ocena oddziaływania wybranych czynników agrotechnicznych na wielkość plonu ziarna i skład aminokwasowy białka owsa. *Biul. IHAR*, 239, 193–204.
- Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Astroth K., Bhatti R.S., 1991. Relative lipidemic responses in rats fed barley and oat meals and their fractions. *Cereal Chem.*, 68, 548–551.
- Ravi R., Sai Manohar R., Haridas Rao P., 1999. Use of Rapid Visco Analyser (RVA) for measuring the pasting characteristics of wheat flour as influenced by additives. *J. Sci. Food Agric.*, 79, 1571–1576.
- Redaelli R., Sgrulletta D., De Stefanis E., 2004. Oats for the production of functional foods in Italy. [In:] Proceedings 7th International Oat Conference. Agrifood Research Reports 51, P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.), MTT Agrifood Research Finland, (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), 101.
- Rhymer C., Ames N., Malcolmson L., Brown D., Duguid S., 2005. Effects of genotype and environment on the starch properties and end-product quality of oats. *Cereal Chem.*, 82, 197–203.
- Rosell C.M., Rojas J.A., de Barber B., 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15, 75–81.

- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie znakowania środków spożywczych i dozwolonych substancji dodatkowych. (Dz. U. Nr 220, poz. 1856 z późniejszymi zmianami: Dz. U. z 2004 r. Nr 58, poz. 563, Nr 162, poz. 1703, Nr 257, poz. 2577, Dz. U. z 2005 r. Nr 180, poz. 1499, Nr 210, poz. 1751, Nr 229, poz. 1953, Dz. U. z 2006 r. Nr 194, poz. 1435).
- Sahlstrøm S., Baevre A.B., Bråthen E., 2003. Impact of starch properties on hearth bread characteristics. I. Starch in wheat flour. *J. Cereal Sci.*, 37, 275–284.
- Sahyoun N.R., Jaques P.F., Zhang X.L., Juan W., McKeown M., 2006. Whole grain intake is inversely associated with the metabolic syndrome and mortality in older adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 83(1), 124–131.
- Salmenkallio-Marttila M., Katina K., Autio K., 2001. Effects of bran fermentation on quality and microstructure of high-fiber wheat bread. *Cereal Chem.*, 78, 429–435.
- Salmenkallio-Marttila M., Roininen K., Autio K., Lähteenmäki L., 2004. Effects of gluten and transglutaminase on microstructure, sensory characteristics and instrumental texture of oat bread. *J. Agric. Food Sci.*, 13, 138–150.
- Salomonsson A.-C., Theander O., Westerlund E., 1984. Chemical characterization of some swedish cereal whole meal and bran fractions. *Swedish J. Agric. Res.*, 14, 3, 11–117.
- Salovaara H., 2004. Soy and oats as ingredients for non dairy products. [In:] Proceedings 7th International Oat Conference. Agrifood Research Reports 51, P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi (eds.), MTT Agrifood Research Finland (www.mtt.fi/met/pdf/met51.pdf), 102.
- Saxena D.C., Rao U.J.S., Rao P. H., 1997. Indian wheat cultivars: correlation between quality of gluten proteins, rheological characteristics of dough and tandoori roti quality. *J. Sci. Food Agric.*, 74, 265–272.
- Seibel W., 2000. Ballaststoffe in der Getreidenahrung. *Getreide Mehl Brot*, 1, 58–61.
- Seibel W., Brümmer J.-M., Neuman H., 1991. Herstellung von Haferbrot. *Getreide Mehl Brot*, 5, 140–145.
- Shewry P.R., Tatham A.S., 1990. The prolamin storage proteins of cereals seeds; structure and evolution. *Biochem. J.*, 267, 1–12.
- Slavin J., Marquart L., Jacobs D.R. Jr., 2000. Consumption of whole-grain foods and decreased risk of cancer: proposed mechanisms. *Cereal Foods World*, 45, 54–58.
- Slavin J., Martini M.C., Jacobs D.R. Jr., Marquart L., 1999. Plausible mechanisms for the protectiveness of whole grains. *Am. J. Clin. Nutr.*, 70(3), 459S–463S.
- Sosulski F.W., Wu K.K., 1988. High- fiber breads containing field pea hulls, wheat, corn, and wild oat brans. *Cereal Chem.*, 65, 186–191.
- Strange E.D., Onwulata C.I., 2002. Effect of particle size on the water sorption properties of cereal fibers. *J. Food Quality*, 25(1), 63–73.
- Subda H., 1984 a. Instrukcja wdrożeniowa oznaczania aktywności enzymów proteolitycznych. *Biul. IHAR*, 155, 139–141.
- Subda H., 1984 b. Metoda oznaczania zawartości pentozanów rozpuszczalnych w wodzie (Instrukcja). *Biul. IHAR*, 155, 225–226.
- Subda H., 1998. Określenie różnych form białka oraz ocena ich wpływu na wartość wypiekową pszenicy. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Technologia Żywności XII*, 328, 95–103.

- Subda H., Jarosławska A., Unton A., Karolini-Skaradzińska Z., 2002. Ocena wpływu wybranych cech chemicznych pszenicy ozimej na jakość ciasta i chleba. *Biul. IHAR*, 223/224, 111–119.
- Subda H., Karolini-Skaradzińska Z., Kunowski P., Czubaszek A., Gil Z., 1997: Skład chemiczny i wartość wypiekowa mąki pszennej. Część I. Skład chemiczny. *Biul. IHAR*, 201, 95–99.
- Subda H., Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., 1998 a. Skład chemiczny i wartość technologiczna wybranych odmian owsa. *Biul. IHAR*, 208, 111–122.
- Subda H., Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., Gil Z., 1998 b. Skład chemiczny kilku polskich odmian owsa. *Biul. IHAR*, 208, 103–109.
- Sudha M.L., Vetrmani R., Leelavathi K., 2007. Influence of fibre different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chem.*, 100, 1365–1370.
- Synowiecki J., 2002. Składniki mineralne. [W:] *Chemia żywności*. Z.E. Sikorski red. WNT, Warszawa, 88–105.
- Szajewska A., Haber T., Ceglińska A., 2001. Pieczywo źródłem białka. *Prz. Piek.*, 3, 2–3.
- Tester R.F., Karkalas J., 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *Cereal Chem.*, 73, 271–277.
- Troszyńska A., Honke J., Kozłowska H., 2000. Naturalne substancje nieodżywcze pochodzenia roślinnego jako składniki żywności funkcjonalnej. *Postępy Fitoterapii*, 2, 4s.
- Truswell A.S., 2002. Cereal grains and coronary heart disease. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 56, 1–14.
- Tsikitis V.L., Albina J.E., Reichner J.S., 2004. Beta-glukan affects leukocyte navigation in a complex chemotactic gradient. *Surgery*, 136, 384–389.
- Uthayakumaran S., Newberry M., Phan-Thien N., Tanner R., 2002. Small and large strain rheology of wheat gluten. *Rheol. Acta*, 41, 162–172.
- Velioglu Y.S., Mazza G., Gao L., Oomah B.D., 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 4113–4117.
- Wachowiak M., Kiryluk J., 2005. Próba opracowania metody szacowania zawartości beta-glukanów w otrębach owsianych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(43), 245–252S.
- Wang L.Z., White P.J., 1994. Functional properties of oat starches and relationship among functional and structural characteristics. *Cereal Chem.*, 71, 451–458.
- Wang L., Miller R.A., Hoseney R.C., 1998. Effects of (1→3)(2→4)-β-D-glucans of wheat flour on breadmaking. *Cereal Chem.*, 75, 629–633.
- Weaver C., Schneeman B., 2005. Revised dietary guidelines promote healthy lifestyle. *Food Technol.*, 59(3), 28–33.
- Webster F.H., 2002. Whole grain oats and oat products. [In:] *Whole-grain foods in health and disease*. Slavin J.L and Fulcher R.G. (eds.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St Paul MN, 83–123.
- Wieser H., Seilmeier W., Belitz H.-D., 1980. Vergleichende Untersuchungen über partielle Aminosäuresequenzen von prolaminen und glutelinen verschiedener Getreidearten. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 170, 17–26.

- Wieser H., Seilmeier W., Eggert M., Belitz H.-D., 1990. Tryptophangehalt von Getreideproteinen. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 177, 457–460.
- Wilhelmson A., Oksman-Caldentey K.-M., Laitila A., Suortti T., Kaukovirta-Norja A., Poutanen K., 2001. Development of a germination process for producing high β -glucan, whole grain food ingredients from oat. *Cereal Chem.*, 78, 715–720.
- Wołoch R., Pisulewski P.M., 2003. Wpływ procesów technologicznych na właściwości antyoksydacyjne ziarna nieoplewionych i oplewionych form jęczmienia i owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(35), 42–49.
- Wood P.J., Robichon-Hunt L., 1997. Importance of cereal food in human diet in the next century. ICC International Symposium 1997 in Detmold. June 12–13 1997, 5.
- Wood P.J., Arrigoni E., Miller S.S., Amadó R., 2002. Fermentability of oat and wheat fractions enriched in β -glucan using human fecal inoculation. *Cereal Chem.*, 79, 445–454.
- Yamin F.F., Lee M., Pollak L.M., White P.J., 1999. Thermal properties of starch in corn variants isolated after chemical mutagenesis of inbred line B73. *Cereal Chem.*, 76, 175–181.
- Zaręba S., Zaręba-Giezek M., 2004. Zawartość makrobiopierwiastków (Ca, Mg, Fe) w śniadaniowych produktach zbożowych i czipsach ziemniaczanych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, XXXVII, 1, 31–35.
- Zhang D., Doehlert D.C., Moore W.R., 1997. Factors affecting viscosity of slurries of oat groat flours. *Cereal Chem.*, 74, 722–726.
- Zhang D., Moore W.R., Doehlert D.C., 1998. Effects of oat grain hydrothermal treatments on wheat-oat flour dough properties and breadbaking quality. *Cereal Chem.*, 75, 602–605.
- Zhou M.X., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwel S., 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chem.*, 75, 273–281.
- Zhou M.X., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwel S., 1999. Oat lipids. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 76, 159–169.
- Zhu J., Khan K., 2001. Effects of genotype and environment on glutenin polymers and breadmaking quality. *Cereal Chem.*, 78, 125–130.
- Zieliński H., Kozłowska H., 2000. Antioxidant and total phenolic in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 2008–2016.
- Ziemiański Ś., 1998. Tłuszcze. [W:] *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. J. Gawęcki i L. Hryniewiecki (red.). PWN, Warszawa, 152–176.
- Żmijewski M., Subda H., Korczak B., Kowalska M., Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., 1999 a. Skład chemiczny i wartość wypiekowa ziarna oraz mąki odmian pszenicy jarej. Część I. Skład chemiczny. *Biul. IHAR*, 212, 65–70.
- Żmijewski M., Subda H., Kowalska M., Korczak B., Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z., 1999 b. Skład chemiczny i wartość wypiekowa ziarna oraz mąki odmian pszenicy jarej. Część II. Wartość wypiekowa. *Biul. IHAR*, 212, 71–79.

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WHEAT FLOUR BLENDS WITH OAT GRIND PRODUCTS

S u m m a r y

The purpose of the investigation was to determine the effects of oat flour and bran as well as ground oat (produced under laboratory conditions, from the same raw material) on physical properties of subsequent pastes, dough and wheat-oat bread. The chemical composition of the oat products and some sorts of wheat flour was compared and the rheological properties of oat and wheat pastes were determined. The influence of oat products on the qualities of pastes, dough and bread from wheat-oat blends was studied. For this purpose, commercial wheat flour types 500 and 1850 was substituted for oat flour and bran, which were used in the amounts of 10, 20, 30, 40 and 50%, and ground oat in used in the amount of 10, 20 and 30%. The baking quality of the wheat flour and wheat-oat blended products was assessed by comparison of the subsequent baked products produced under laboratory conditions. The quality of bread was assessed with regard to its volume, bread overbake and crumb porosity as well as organoleptic features. In addition, theoretical calculations of the nutritive value of the wheat-oat bread were made. Oat bran and ground oat, as compared to oat flour and wheat flour types 500 and 1850, were higher in total protein, fat and ash, but lower in starch. The proteolytic activity of the oat products and the two types of wheat flour was comparable. The percentages of unsaturated fatty acids were higher in the oat products than in the two types of wheat flour, while the quantity of trans-saturated and unsaturated fatty acids was lower. Both the oat bran and ground oat were higher in micro- and macroelements than oat flour and wheat flour types 500 and 1850. Oat flour contained more micro- and macroelements than white wheat flour type 500. The falling number of oat flour, bran and ground oat was higher than that of both white and dark wheat flour.

When the wheat flour type 500 was substituted for 30% of oat flour and 20% of ground oat, the initial pasting temperature of the blends increased, and the addition of the oat bran decreased the final temperature of pasting. The pasting temperatures of the blends containing the wheat flour type 1850 remained unchanged when the oat flour and bran were added, but the addition of ground oat increased the final temperature of pasting. The maximum viscosity of the wheat-oat pastes as well as the viscosity after storage at high temperature and after cooling were markedly higher as compared to those observed with the wheat pastes.

A positive impact of ground oat and oat bran on the properties of wheat-oat dough produced with the use of wheat flour type 500 was observed. A significant increase in water absorption of these blends as compared to that of the wheat flour was observed along with prolonged dough development time and time to breakdown. The dough produced with the use of flour type 1850 (blended either with oat bran or ground oat) exhibited better softening after a shorter period of mixing than the control samples. The addition of oat flour to the dough produced with the use of the two types of wheat flour reduced the dough development time and also its resistance to mechanical treatment.

When the oat products substituted the wheat flour, the final fermentation time of the dough was shorter. p The volume of bread produced from flour type 1850 (containing 10–50% of oat flour) as well as that of bread produced from flour type 500 (containing 10–30% of oat flour) was slightly enhanced. Bread overbake with wheat flour type 1850 was decreasing when the amount of oat flour increased. The quality of the bread produced with the use of the two types of wheat flour blended with 10–40% of oat flour was assessed at high quality level.

When 10% of oat bran was added to wheat flour, the volume of bread slightly increased. Larger amounts of oat bran (20–50%) reduced the volume of bread and increased the overbake of both white and dark bread. The quality of the bread crumb was very good with the use of 10–20% of wheat flour type 1850, while high quality of bread was obtained with 30% of wheat flour type 500. Bread produced with the use of 10–30% of oat bran was classified as a good quality.

Ground oat used as a substitute for wheat flour decreased the volume of the product obtained. When the amount of ground oat was increasing, the overbake of the bread produced from wheat flour type 500 showed an increasing tendency, while that produced from flour type 1850 was decreasing. The quality of the bread produced from wheat flour blended with oat flour (10% and 20%) was ranked as a fine quality.

The bread produced from wheat and oat flour blended with oat bran and ground oat exhibited a better nutritional value than bread made from oat flour. It contained more proteins and lipids high in polyunsaturated fatty acids, but lower in total carbohydrates, as compared to wheat bread, both white and dark. The oat flour addition also increased the energy value and decreased protein content of the bread.p Although oat ingredients had a positive impact on the nutritive value of bread (both white and dark) and the overbake, it is advisable to limit the addition of ground oat and bran to 30%, and oat flour to 40%, since higher quantities deteriorate the structure of the crumb.