

Komitety Nauk o Żywności
Polskiej Akademii Nauk

Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Polskie Towarzystwo Technologów Żywności

Technologiczne kształtowanie jakości żywności

Pod redakcją naukową
Karoliny M. Wójciak i Zbigniewa J. Dolatowskiego

Wydawnictwo Naukowe PTTŻ
Kraków 2015

Recenzenci naukowi

dr Anna Ciołek, prof. dr hab. Zbigniew J. Dolatowski, dr hab. Urszula Gawlik-Dziki, dr hab. inż. Paweł Glibowski, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, dr inż. Ewa Jabłońska-Ryś, dr hab. inż. Małgorzata Karwowska, dr inż. Dariusz Kowalczyk, dr hab. Radosław Kowalski, dr inż. Agnieszka Latoch, dr hab. Małgorzata Materska, prof. dr hab. Stanisław Mleko, dr inż. Maciej Nastaj, dr Wojciech Radzki, dr inż. Aldona Sobota, dr inż. Bartosz Sołowiej, dr Monika Sujka, dr inż. Emilia Sykut-Domańska, dr inż. Marzena Włodarczyk-Stasiak, dr inż. Marta Zalewska-Korona, dr inż. Piotr Zarzycki, dr Urszula Złotek

Redaktor techniczny

dr Monika Sujka

Projekt okładki

dr hab. inż. Dariusz M. Stasiak

© Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2015
Printed in Poland

Utwór nie może być kopiowany, przedrukowywany, jak również umieszczany na nośnikach elektronicznych, w całości lub we fragmentach, bez pisemnej zgody Wydawcy

Wydanie monografii dofinansowane
przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

ISBN 978-83-935421-9-2

Wydawca

POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTCI
WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

30-149 KRAKÓW, ul. Balicka 122, e-mail: wnpttz@wp.pl

Druk

Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków
tel./fax 12 280-71-51; www.akapit.krakow.pl
e-mail: wn@akapit.krakow.pl

SPIS TREŚCI

Badanie trwałości ekstraktów z owocni papryki poddanych ozonowaniu.....	5
Ozonowanie jako metoda przedłużania trwałości przechowalniczej owoców maliny w warunkach niechłodniczych.....	15
Wpływ ogrzewania preparatów białek serwatkowych na właściwości reologiczne otrzymanych z nich żeli.....	27
Wpływ dodatku ekstraktów słodowych na jakość pieczywa pszennego	41
Wpływ obróbki termicznej na zawartość polifenoli i czystość mikrobiologiczną wybranych warzyw z rodziny <i>Brassicaceae</i>	51
Właściwości reologiczne i teksturalne mimetyków napojów fermentowanych otrzymywanych na bazie inuliny i serwatki.....	59
Wpływ rodzaju zagęstnika na wybrane cechy jakościowe jogurtów brzoskwinowych w czasie chłodniczego przechowywania	69
Bakterie probiotyczne w surowo dojrzewających wędlinach	81
Zmiany właściwości fizyko-chemicznych chrupek kukurydzianych z dodatkiem mąk z surowców niekonwencjonalnych podczas przechowywania ...	93
Porównanie właściwości emulgujących sojowych i rzepakowych preparatów lecytynowych.....	103
Koncentraty białek micelarnych w produkcji napojów owocowych	113
Studia nad metodą oceny wartości technologicznej ziarna pszenicy zwyczajnej .	125
Wpływ metody załadunku konserw rybnych do koszy sterylizacyjnych na wartość sterylizacyjną F_0	137
Wpływ jonów metali dwuwartościowych na właściwości skrobi porowatych.....	149
Wpływ ekstraktu z pestek <i>Vitis vinifera</i> L. na barwę i stabilność oksydacyjną dojrzewającego baleronu	161
Porównanie jakości i wartości odżywczej mąki żytniej, pszennej i orkiszowej z pełnego przemiału	171
Właściwości mechaniczno-reologiczne modelowych układów tłuszczowych	181
Wpływ dodatku emulgatora i błonnika pokarmowego na wybrane parametry jakościowe smażonego makaronu instant.....	189
Wpływ wzbogacania ciasta pszennego błonnikiem pokarmowym na przebieg krzywych ekstensograficznych	203

Żelowanie izolatu białek serwatkowych z dekstranem	213
Badanie zależności pomiędzy intensywnością barwy a zawartością wybranych związków reakcji Maillarda w pieczywie poddanemu procesowi opiekania	225
Wartość technologiczna pszenicy orkisz odmiany Rokosz.....	237
Ocena frakcji lotnej w oleju lnianym poddanym przechowywaniu	249
Wpływ podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta na jakość makaronów tłoczonych	263
Kształtowanie nowego produktu żywnościowego w świetle badań producentów makaronów	275
Wpływ dodatku otrąb pszennych na właściwości jogurtów naturalnych	287
Wpływ dodatku razówki jęczmiennej na wybrane cechy jakościowe pieczywa ..	299
Czynniki kształtujące przydatność surowca wieprzowego do produkcji wędlin surowo dojrzewających.....	311
Porównanie wybranych cech jakościowych prażynek ziemniaczanych smażonych w tłuszczach o różnej stabilności termicznej	321
Ocena przydatności owoców wybranych odmian papryki do mrożenia.....	333
Ocena właściwości reologicznych kleików z mieszanek mąk pszennych o zróżnicowanej wartości wypiekowej	343
Wpływ dodatku płatków róży pomarszczonej (<i>Rosa rugosa thunb. L</i>) na stabilność barwy soków malinowych.....	355
Wpływ rodzaju kultur starterowych i fortyfikacji magnezem na jakość jogurtów typu greckiego	365
Wpływ preparatów karagenowych na jakość wyrobów biszkoptowo-tłuszczowych.....	379
AUTORZY	390

BADANIE TRWAŁOŚCI EKSTRAKTÓW Z OWOCNI PAPRYKI PODDANYCH OZONOWANIU

BARBARA CHILCZUK, MAŁGORZATA MATERSKA, MONIKA
SACHADYN - KRÓL, IRENA PERUCKA, DARIUSZ DANIŁKIEWICZ,
IZABELLA JACKOWSKA

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie efektu, jaki wywołuje ozonowanie na skład chemiczny owocni i łożysk papryki czerwonej odmiany Cyklon oraz czy taki zabieg ma wpływ na przechowywanie ekstraktu otrzymanego z tych owoców. Całe owoce papryki zostały wystawione na działanie strumienia ozonu o stężeniu 40ppm w czasie 1 i 3 godzin. Po zabiegu owoce kontrolne i ozonowane przechowywano przez 10 dni w warunkach chłodniczych. Po tym czasie przeprowadzono analizy zawartości sumy związków fenolowych, sumy flawonoidów oraz zbadano aktywność antyrodnikową ekstraktów. Sprawdzono zmiany stężenia tych związków podczas przechowywania ozonowanej papryki. Następnie zbadano trwałość ekstraktów otrzymanych z kontrolnych i ozonowanych owoców w czasie ich przechowywania przez kolejne 10 dni.

Stwierdzono, że owoce były bogatsze w związki fenolowe i flawonoidy niż łożyska, dlatego też cechowały się wyższą aktywnością antyrodnikową. Ozonowanie całych owoców papryki wpłynęło korzystnie na ich jakość przechowalniczą. Pod wpływem tego procesu zachodziły zmiany zawartości metabolitów wtórnych zarówno w owocniach jak i łożyskach papryki, wzrastał poziom flawonoidów oraz aktywność antyoksydacyjna ekstraktów, natomiast suma związków fenolowych utrzymywała się na niezmiennym poziomie. Najwyższe stężenia flawonoidów zanotowano w przypadku owocni poddanych ozonowaniu przez 3h. Podczas 10 dniowego przechowywania ekstraktów etanolowych stwierdzono, że zachodziły w nich zmiany prowadzące do spadku stężenia flawonoidów i obniżenia aktywności antyoksydacyjnej, podczas gdy suma związków fenolowych była praktycznie niezmienna.

Słowa kluczowe: papryka, ozonowanie, związki fenolowe, aktywność antyrodnikowa

Wprowadzenie

Dyrektywa Unii Europejskiej ograniczająca stosowanie pestycydów wymusza poszukiwanie nowych metod i środków do odkażania płodów rolnych. Poszukiwania idą w kierunku opracowania nieszkodliwych dla środowiska metod

fizycznych lub chemicznych środków ochrony roślin. Na uwagę zasługują metody odkażania preparatami szybko rozkładającymi się na proste i nieszkodliwe substancje chemiczne. Ozonowanie jako technika pozwalająca na wydłużenie trwałości przechowywanych surowych owoców i warzyw jest obecnie szeroko badana. Gazowy ozon wykorzystywany jest również w celu ograniczenia gromadzenia się substancji lotnych powodujących niechciane przedwczesne dojrzewanie owoców. Uwalniając trzeci atom tlenu, ozon jest skutecznym środkiem do niszczenia mikroorganizmów zasiedlających powierzchnię owoców i warzyw. Gaz ten jest środkiem wirusobójczym, bakteriobójczym i grzybobójczym, był również stosowany w celu wyeliminowania zapachu, smaku i koloru, a także w celu usunięcia pestycydów, herbicydów i innych pozostałości organicznych i nieorganicznych [EPA, 1999; Gaou i in., 2005; Adamicki, 2008; Dubois i in., 2008; Abdel-Wahhab i in., 2011]. W wielu źródłach potwierdza się pozytywny efekt ozonowania na trwałość owoców i warzyw, nieznany jest jednak wpływ tego silnego utleniacza na jakość i bezpieczeństwo żywności poddanej temu procesowi. Badania EPA's (Environmental Protection Agency) potwierdziły, że ozon jest bezpieczniejszy niż chlor czy inne środki dezynfekujące [EPA, 1999]. Ozon używany jest w przemyśle spożywczym w Iranie [Kahfourshan i in., 2005]. Także Amerykańska Agencja Żywności i Leków (FDA) zatwierdziła w 2001 roku ozonowanie do bezpośredniego kontaktu z żywnością i nadała mu status GRAS (Generally Recognised As Safe), nie określając jednak dawek ozonu. Badania wykazują, że gazowy ozon pozytywnie wpływa na zmiany zawartości składników antyoksydacyjnych [Allothman i in., 2010]. Jednak niewłaściwie używany może spowodować zniszczenie składników odżywczych, odbarwienia na powierzchni żywności i pogorszenie jej smaku [Kim i in., 1999]. Wyniki badań wskazują także na pozytywne zmiany w zawartości antyoksydacyjnych składników niektórych owoców pod wpływem gazowego ozonu.

W celu sprawdzenia wpływu gazowego ozonu na właściwości odżywcze papryki przeprowadzono doświadczenie opisane w niniejszej pracy. Papryka (*Capsicum annuum* L.) zaliczana do rodziny *Solanaceae* jest dobrym źródłem substancji biologicznie aktywnych: witaminy C i E, prowitaminy A, karotenoidów, tokoferoli, flawonoidów i związków fenolowych [Materska i Perucka, 2005]. Związki te są dobrze poznane pod względem właściwości przeciwutleniających, inaktywują one reaktywne formy tlenu i wolne rodniki, przez co spożywanie tych związków jest korzystne dla zdrowia człowieka [Suan i in., 2007]. Ich obecność w diecie zwiększa ochronę między innymi przed nowotworami i chorobami sercowo-naczyniowymi [Navarro i in., 2006; Zimmer i in., 2012]. Dodatkowo w owocach papryki ostrej występują kapsaicynoidy, które nadają jej ostry smak i wykazują szerokie spektrum działania prozdrowotnego [Perucka i in., 2010]. Papryka jest popularnym i chętnie stosowanym warzywem. Obecnie ma duże znaczenie na rynku warzyw świeżych oraz jako surowiec w przemyśle spożywczym. Jest drugim najczęściej spożywanym warzywem na świecie

[Silva i in., 2014]. Celem przeprowadzonych badań było określenie efektu, jaki wywołuje gazowy ozon na skład chemiczny owocni i łożysk papryki czerwonej w obrębie grupy metabolitów wtórnych. Starano się też określić trwałość ekstraktów etanolowych otrzymanych z ozonowanych i kontrolnych owoców papryki, które przechowywano przez 10 dni. Przeprowadzono analizy zawartości związków fenolowych, sumy flawonoidów oraz aktywności antyrodnikowej.

Materiał i metody badań

Materiał badań stanowiły owoce papryki czerwonej ostrej odmiany Cyklon (*Capsicum annuum* L.) w fazie pełnej dojrzałości. Owoce pochodziły z uprawy szklarniowej Katedry Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Bezpośrednio po zbiorze materiał roślinny w postaci całych owoców został podzielony na trzy grupy. Pierwsza część stanowiła próbę kontrolną, a dwie pozostałe zostały wystawione na działanie strumienia ozonu o stężeniu 40ppm na czas 1 godziny, zaś kolejna część materiału roślinnego na 3h. Część owoców z próby kontrolnej przeznaczono do analiz bezpośrednio po zbiorze, określając ją mianem T0. Pozostałe owoce z próby kontrolnej oraz ozonowane przechowywano w warunkach chłodniczych w szczelnie zamkniętych opakowaniach przez 10 dni. Po tym czasie owoce rozdrobniono, oddzielając owocnie od łożysk, które analizowano odrębnie. Z rozdrobnionych owocni i łożysk pobrano uśrednione próby o masie 5g, w dwóch powtórzeniach. Następnie naważki były homogenizowane w 80% roztworze etanolu w wodzie, którą prowadzono przez 15 minut używając homogenizatora Diax 900. Uzyskany homogenat przesączono, a otrzymany klarowny roztwór uzupełniono do 50 ml objętości 80% roztworem etanolu, a następnie dokładnie wymieszano. W otrzymanych ekstraktach etanolowych (EE) oznaczono sumę związków fenolowych, sumę flawonoidów oraz określono ich aktywność antyrodnikową. Analizy wykonano w dniu przygotowania ekstraktów (T1) oraz w celu sprawdzenia trwałości ekstraktów powtórzono je po 10 dniach (T2). Próbkę przechowywano przez ten czas w warunkach chłodniczych.

Oznaczanie sumy związków fenolowych. Sumę związków fenolowych w ekstraktach etanolowych oraz we frakcjach wodnych otrzymanych z owoców papryki oznaczono za pomocą metody Folina i Ciocalteua [Singleton i Rossi, 1965]. W tym celu pobierano 60 μ l ekstraktu, który rozcieńczano wodą do objętości 0,6 ml. Następnie dodano 1,2 ml wodorowęglanu sodu (o stężeniu $75\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) i 1,5 ml odczynnika Folina (rozcieńczonego wodą destylowaną w stosunku 1:10). Mieszaninę reakcyjną przechowywano przez 30 min w temperaturze pokojowej. Absorbancję mierzono na spektrofotometrze UV-VIS (Shimadzu A-160) przy długości fali $\lambda=750\text{nm}$. Sumę związków fenolowych wyrażono jako równoważnik kwasu chlorogenowego, na podstawie przygotowanej

wcześniej krzywej wzorcowej. Wyniki podano jako średnią z czterech powtórzeń w mg kwasu chlorogenowego na mililitr ekstraktu.

Oznaczanie sumy flawonoidów. Sumę flawonoidów określono metodą spektrofotometryczną opierającą się na powstaniu barwnego kompleksu pomiędzy flawonoidem a chlorkiem glinu [Chang i in., 2002]. W tym celu odmierzone 0,25 ml ekstraktu, 0,75 ml etanolu, 50 μ l $AlCl_3$ (10%), 50 μ l octanu sodu (1M) i 1,4 ml wody. Absorbancję mierzono na spektrofotometrze UV-VIS (Shimadzu A-160) przy długości fali 415 nm. Sumę flawonoidów wyrażono jako równoważnik kwercetyny, na podstawie przygotowanej wcześniej krzywej wzorcowej dla tego związku. Wyniki przedstawiono jako średnią z czterech powtórzeń w mg kwercetyny na mililitr ekstraktu.

Oznaczanie aktywności antyrodnikowej. Aktywność antyrodnikową analizowanych frakcji mierzono jako zdolność redukcyjną w odniesieniu do rodnika 1,1-difenylo-2-pikrylohydrazylowego (DPPH) [Brand-Williams i in., 1995]. W tym celu do 0,1 ml ekstraktu dodano 4 ml metanolowego roztworu DPPH (1 $mol \cdot dm^{-3}$). Mieszaninę przechowywano w temperaturze pokojowej w zacienionym miejscu przez 30 min. Następnie zmierzono absorbancję na spektrofotometrze UV-VIS (Shimadzu A-160) przy maksimum absorpcji $\lambda=515$ nm. Na podstawie otrzymanych wyników aktywność antyoksydacyjną (AA) wyrażoną jako % redukcji rodnika DPPH obliczono ze wzoru:

$$\%AA = [1 - (A_p/A_k)] \times 100\%$$

AA- aktywność antyoksydacyjna badanego ekstraktu

A_p- absorbancja badanej próbki

A_k- absorbancja próby kontrolnej

Wyniki i dyskusja

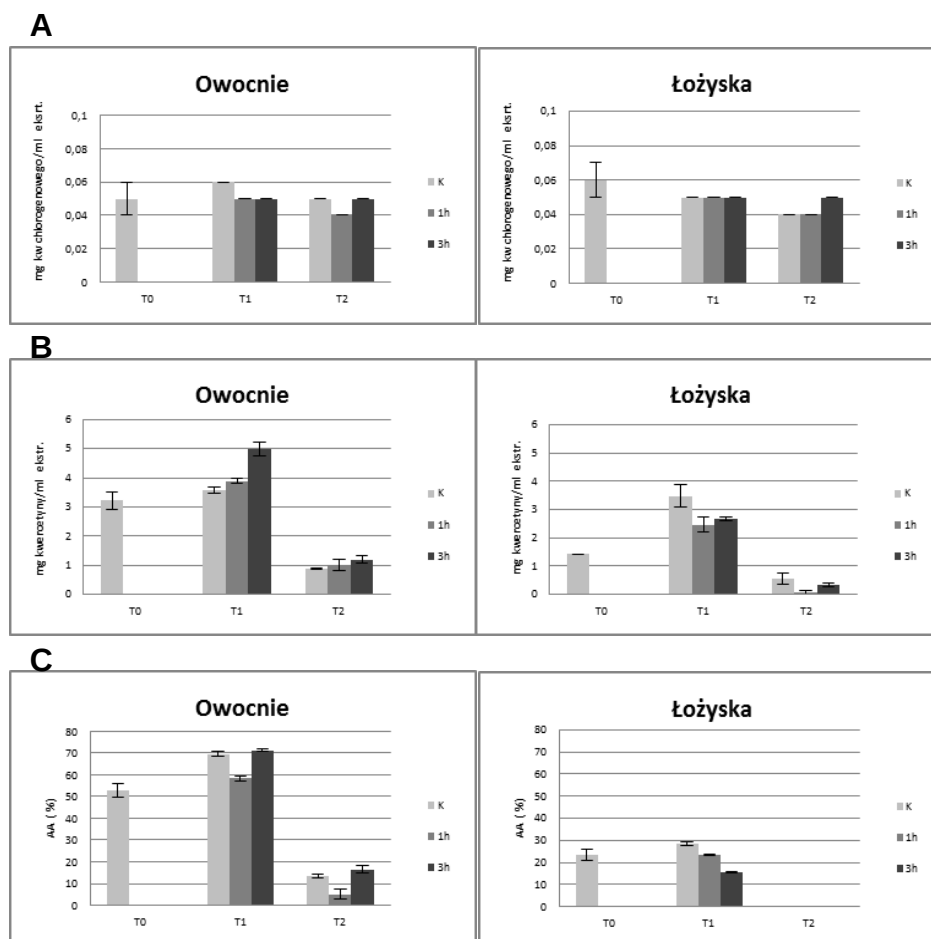
Związki fenolowe są wtórnymi metabolitami występującymi we wszystkich częściach anatomicznych roślin pełniąc istotne funkcje w ich cyklu życiowym. Pod względem chemicznym stanowią zróżnicowaną grupę substancji, ich zawartość w roślinie zależy w dużym stopniu od gatunku i odmiany, a także od warunków środowiskowych [Łukaszewicz, 2004; Jeszka i in., 2010]. Na zmiany stężenia związków fenolowych wpływa również okres pozbiorczego przechowywania owoców. Dlatego w celu określenia zmian wynikających wyłącznie z okresu przechowywania analizę próbek kontrolnych przeprowadzono zarówno bezpośrednio po zbiorze (T0), jak też po 10 dniach przechowywania owoców (T1). Na Rys. 1 zebrano wyniki oznaczeń sumy związków fenolowych (Rys. 1A), sumy flawonoidów (Rys. 1B) oraz aktywności antyoksydacyjnej (Rys. 1C) ekstraktów etanolowych sporządzonych odrębnie z owocu i łóżysk papryki. W obu częściach anatomicznych owoców papryki można zaobserwować wyraźny wpływ przechowywania na wzrost stężenia

metabolitów wtórnych w próbkach kontrolnych. Jedynie w przypadku sumy związków fenolowych oznaczonych w ekstraktach z łożysk nie zanotowano istotnego wpływu czasu przechowywania owoców na poziom tych związków (Rys. 1A). Wzrost stężenia metabolitów wtórnych w przechowywanych owocach można tłumaczyć przemianami metabolicznymi zachodzącymi po ich zerwaniu. Oddzielenie owocu od rośliny powoduje wzrost aktywności endogennych enzymów przeciwutleniających, takich jak katalaza, peroksydaza askorbinianowa, czy odpowiednie peroksydazy [Małecka i Tomaszewska, 2005]. Enzymy te katalizują syntezę metabolitów ochronnych (antyoksydantów), co można zaobserwować jako wzrost sumy związków fenolowych, sumy flawonoidów i równocześnie podwyższoną aktywność antyrodnikową ekstraktów otrzymanych z owoców przechowywanych przez 10 dni (Rys. 1 A, B, C).

Ozonowanie owoców wywołało nieznaczne wahania w poziomie metabolitów wtórnych. Porównując wpływ czasu ozonowania na zmiany zawartości tych związków w owocniach i łożyskach, można stwierdzić, że ozonowanie przez 1 godzinę zahamowało procesy metaboliczne prowadzące do wzrostu stężenia metabolitów wtórnych, gdyż oznaczone poziomy tych związków były porównywalne z ich stężeniem w czasie T0. Wyjątkiem była zawartość flawonoidów oznaczona w owocniach i łożyskach, gdzie zanotowano znaczący wzrost stężenia tych związków, w owocniach powyżej, a w łożyskach poniżej stężenia flawonoidów w próbkach kontrolnych w czasie T1 (Rys. 1B). Ozonowanie owoców przez 3 godziny miało zróżnicowany wpływ na zawartość analizowanych związków. Z reguły jednak notowano wyższe stężenia metabolitów wtórnych w ekstraktach z owoców ozonowanych przez 3 godziny (Rys. 1 A, B, C). Informacje na temat wpływu ozonowania na zmiany metabolitów wtórnych w owocach i warzywach są sporadyczne. Alothman i in. [2010] w swoich badaniach wykazali, że aktywność antyrodnikowa w badanych przez nich owocach cytrusowych, które były poddane ozonowaniu przez 10, 20 i 30 min spadała już po 30 minutach ozonowania. Autorzy ci poddawali ozonowaniu owoce w postaci rozdrobnionej. W przedstawionej pracy ozonowano całe owoce, a efekt tego działania badano po 10 dniach ich przechowywania. Miało to na celu określenie, czy ozon gazowy może wpływać na metabolizm wtórny rośliny, czy jedynie oddziałuje powierzchniowo na florę bakteryjną występującą naturalnie na owocach papryki. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że ozonowanie nieznacznie wpływa na poziom metabolitów wtórnych w owocach papryki, polepszając jednak ich jakość przechowalniczą.

Kolejnym zagadnieniem było określenie trwałości ekstraktów w trakcie ich dziesięciodniowego (T2) przechowywania w warunkach chłodniczych. Roślinne ekstrakty etanolowe wykorzystywane są w produkcji żywności jako dodatki polepszające jej walory smakowe i przechowalnicze [Hęś i in., 2011; Waszkowiak i in., 2014]. Trwałość ekstraktów stanowi istotny problem analityczny, gdyż często ze względów technicznych i czasowych niemożliwa jest ich analiza bezpośrednio

po przygotowaniu. W przedstawionej pracy analizie poddano ekstrakty etanolowe sporządzone zarówno z owoców ozonowanych i kontrolnych. Starano się określić, czy ewentualne zmiany w składzie chemicznym owoców zachodzące pod wpływem ozonowania owoców papryki będą wpływały na polepszenie cech przechowalniczych przygotowanych z nich ekstraktów.



Rys. 1. Zmiany zawartości sumy związków fenolowych (A), sumy flawonoidów (B) oraz aktywności antyrodnikowej (C) w ekstraktach etanolowych otrzymanych z owocni i łożysk papryki poddanej ozonowaniu (T1) oraz w czasie ich przechowywania (T2)

Stwierdzono, że ekstrakty etanolowe otrzymane zarówno z owocni i łożysk były stabilne pod względem zawartości sumy związków fenolowych (Rys. 1A), a ozonowanie owoców przez 3 godziny nieznacznie podwyższało ich stężenie w porównaniu do kontroli, szczególnie w ekstraktach z łożysk. Z drugiej strony stwierdzono jednocześnie zdecydowany spadek sumy flawonoidów oraz spadek

aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów etanolowych otrzymanych z ozonowanych i nieozonowanych owoców i łóżysk papryki (Rys. 1 B, C). Otrzymane wyniki świadczą o tym, że w czasie przechowywania, związki obecne w ekstraktach ulegają częściowo degradacji, a częściowo przekształceniu w inne, mniej aktywne pochodne.

Pomimo, że w literaturze naukowej pojawia się coraz więcej doniesień na temat korzystnego wpływu dodatków naturalnych ekstraktów roślinnych na wartość przechowalniczą żywności [Szajdek i Borowska, 2004; Waszkowiak i in., 2014], niewiele jest informacji na temat zmian przechowalniczych, jakie mogą zachodzić w samych ekstraktach. Trwałość ekstraktów etanolowych zależy od ich składu chemicznego, a to zależy od rodzaju rośliny z której przygotowano ekstrakty. Materska [2010], analizując trwałość ekstraktów etanolowych otrzymanych z ośmiu rodzajów ziół, tylko w przypadku trzech roślin stwierdziła stabilność sumy związków fenolowych podczas 3 miesięcznego przechowywania ekstraktów. Etanolowe ekstrakty roślinne zawierają całą gamę związków biologicznie aktywnych, począwszy od hydrofilowych kwasów fenolowych, witaminy C, czy też cukrowców, poprzez pochodne flawonoidów i kwasów fenolowych o pośredniej lipofilności, aż do bardziej lipofilowych barwników karotenoidowych lub chlorofili. Trwałość związków zależy w dużej mierze od ich wzajemnego oddziaływania. Niektóre ze składników ekstraktów wykazując aktywność antyoksydacyjną mogą działać ochronnie na inne. Z drugiej strony związki syntezowane *de novo* mogą być źródłem wolnych rodników i powodować degradację pozostałych.

Wnioski

1. Ozonowanie całych owoców papryki wpływało korzystnie na jej jakość przechowalniczą.
2. Pod wpływem ozonowania zachodziły zmiany w zawartości metabolitów wtórnych w owocach jak i łóżyskach papryki, wzrastał poziom flawonoidów oraz aktywność przeciwrodnikowa ekstraktów, natomiast suma związków fenolowych utrzymywała się na niezmiennym poziomie.
3. Podczas 10 dniowego przechowywania ekstraktów etanolowych stwierdzono spadek stężenia flawonoidów i obniżenie aktywności antyrodnikowej, podczas gdy suma związków fenolowych była nadal praktycznie niezmienna.
4. Zawartość flawonoidów oraz aktywność antyrodnikowa ekstraktów przedstawia obraz zmian towarzyszących ozonowaniu owoców oraz przechowywaniu ekstraktów etanolowych.

Literatura

- [1] Abdel-Wahhab M. A., Sehab A. F., Hassanien F. R., El-Nemr Sh. E., Amra H. A., Abdel-Alim H.A.: Efficacy of Ozone to Reduce Fungal Spoilage and Aflatoxin Contamination in Peanuts. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2011, 2(4), 01-14.
- [2] Adamicki F.: Progress in development of vegetable storage technologies. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2008, 527, 3-20.
- [3] Alothman M., Kaur B., Fazilah A., Bhat R., Karim A.A.: Ozone- induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2010, 11, 666-671.
- [4] Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.: Use of free radical method to evaluate antioxidants activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technology*, 1995, 28, 25-30.
- [5] Chang C. C., Yang M. H., Wen, H. M., Chern, J. C.: Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2002, 10, 178-182.
- [6] Dubois M., Canadas D., Despres-Pernot A.G., Coste C., Pfohl-Leszkowicz A.: Oxygreen process applied on nongerminated and germinated wheat: role of hydroxamic acids. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2008, 56(3), 1116-21.
- [7] EPA, United States Environmental Protection Agency: Alternative disinfectants and oxidants guidance manual, 1999, Publication: 815 R 99014.
- [8] Gaou I., Dubois M., Pfohl-Leszkowicz A., Coste C., De Jouffrey S., Parent-Massin D.: Safety of Oxygen, an ozone treatment on wheat grains. Part 1. A four-week toxicity study in rats by dietary administration of treated wheat. *Food Additives and Contaminants*, 2005, 22(11), 1113-9.
- [9] Heś M., Jeżewska M., Szymandera-Buszk K., Gramza-Michałowska A.: Wpływ dodatków przeciwutleniających na wybrane wskaźniki wartości odżywczej mięsa suszonego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 5(78), 94-106.
- [10] Jeszka M., Flaczyk E., Kobus –Cisowska J., Dzidzic K.: Związki fenolowe charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. *Nauka. Przyroda. Technologie*, 2010, 4(2), 1-13.
- [11] Kahforoushan D., Chitsaz M., Adeli S.: Use of Ozone in food industrial of Iran. *Iranian Journal of Chemical Engineering*, 2005, 4(18), 54-60.
- [12] Kim J.G., Yousef A.E., Dave S.: Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *Journal of Food Protection*, 1999, 62(9), 1071-1087.
- [13] Łukaszewicz M.: Synteza flawonoidów. *Przegląd Eureka*, 2004, 37, 3.
- [14] Małecka A., Tomaszewska B.: Reaktywne formy tlenu w komórkach roślinnych i enzymatyczne systemy ochronne. *Postępy Biologii Komórki*, 2005, 32(2), 311-325.

- [15] Materska M., Perucka I.: Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53, 1750–1756.
- [16] Materska M.: Evaluation of the lipophilicity and stability of phenolic compounds in herbal extracts. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria, 2010, 9 (1), 61-69.
- [17] Navarro J. M., Flores P., Garrido C., Martinez V.: Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. Food Chemistry, 2006, 96, 66-73.
- [18] Perucka I., Materska M., Jachacz L.: Ocena jakości preparatów otrzymanych z wysuszonych owoców papryki (*Capsicum annuum* L.). Żywność. Nauka. Technologia Jakość, 2010, 1(68), 30-39.
- [19] Silva L.R., Azevedo J., Pereira M.J., Carro L., Velazquez E., Peix A., Valentão P., Andrade P.B.: Inoculation of the Nonlegume *Capsicum annuum* (L.) with Rhizobium Strains. 1. Effect on Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and Fruit Ripeness. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62, 557-564.
- [20] Singleton V. L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16, 144-158.
- [21] Sun T., Xu Z., Wu C.T., Janes M., Prinyawiwatkul W., No H.K.: Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). Journal of Food Science, 2007, 72, 98–102.
- [22] Szajdek A., Borowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2004, 4(41)S, 5-28.
- [23] Waszkowiak K., Szymandera-Buszka K., Hęś M.: Effect of ethanolic flax (*Linum Usitatissimum* L.) extracts on lipid oxidation and changes in nutritive value of frozen-stored meat products. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 2014, 13(2), 135-144.
- [24] Zimmer A.R., Leonardi B., Miron D., Schapoval E., Oliviera J., Gosmann G.: Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: from traditional use to scientific approach. Journal of Ethnopharmacology, 2012, 139, 228-233.

OZONOWANIE JAKO METODA PRZEDŁUŻANIA TRWAŁOŚCI PRZECHOWALNICZEJ OWOCÓW MALINY W WARUNKACH NIECHŁODNICZYCH

BARBARA CHWASZCZ, RADOSŁAW JÓZEFczyk, MACIEJ BILEK,
MACIEJ BALAJEWICZ

Streszczenie

Opracowano metodę przedłużenia trwałości przechowalniczej malin przechowywanych w warunkach niechłodniczych z wykorzystaniem gazowego ozonu. Stwierdzono, że zastosowanie ozonu pozwala przedłużyć czas przechowywania owoców maliny nawet do 4 dni od momentu rozpoczęcia ozonowania, przypuszczalnie na skutek rozkładu cząsteczek etylenu, odpowiedzialnego za starzenie się owoców oraz dezynfekującym właściwościami ozonu, zabezpieczającym owoce przed rozwojem szkodliwej mikroflory i porażeniem szarą pleśnią. Owoce poddane procesowi zachowały wysoką jakość, o czym świadczy niewielki spadek poziomu cukrów. Nie zauważono istotnych różnic w zmianach zawartości witaminy C pomiędzy próbą ozonowaną i kontrolną. Zaobserwowano korzystny wpływ zabezpieczający przed ubytkiem masy owoców w trakcie przechowywania. Ozonowane owoce zachowały wysoką konsumpcyjną jakość przez 48 godzin, w czasie kolejnych 24 godzin zaobserwowano postępujący, aczkolwiek znacznie spowolniony proces dojrzewania. Biorąc pod uwagę wydłużony czas pomiędzy zbiorem malin a właściwym procesem przetwórczym bądź konsumpcją osiągnięty rezultat jest wysoce zadowalający.

Słowa kluczowe: ozon, maliny, ozonowanie, przechowalnictwo niechłodnicze

Wprowadzenie

Malina właściwa - *Rubus idaeus*, rodzina różowate- *Rosaceae* [Senderski, 2007] kwitnie w maju i czerwcu. Owoce dojrzewają od końca czerwca, w lipcu i sierpniu. Owoc zbiorowy składa się z drobnych, soczystych pestkowców. Malina występuje w klimacie chłodnym lub umiarkowanym na półkuli północnej. W Polsce występuje pospolicie na terenie całego kraju w lasach, na polanach, wyrębach, w zaroślach, na zboczach i w górach. Zaliczana jest do najstarszych roślin zbieranych przez człowieka, obecnie jest rośliną uprawianą w wielu odmianach, różniących się wielkością owoców, ich barwą oraz smakiem i zapachem. Wymaga gleby żyznej, w dobrej strukturze, przepuszczalnej, średnio wilgotnej, o odczynie obojętnym [Senderski, 2007].

Surowcem zielarskim jest owoc maliny, świeży i suszony (*Rubi idaei fructus recens, siccatus*) oraz liść maliny (*Rubi idaei folium*). Owoce zbiera się świeżo dojrzałe i zdrowe w czasie suchej pogody do płaskich łubianek i szybko przenosi do suszenia lub wykorzystuje świeże. Owoce przejrzałe lub wilgotne łatwo gniją się w czasie transportu, puszczają sok, łatwo się psują, a w czasie suszenia zlepiają i brunatnieją. Przetrzymywane za długo przed suszeniem mogą pleśnieć. Suszy się je w suszarni ogrzewanej, początkowo w temperaturze około 30°C, a dosusza w temperaturze do 50°C. Zebrane w odpowiednim czasie i prawidłowo wysuszone owoce powinny zachować naturalną barwę i przyjemny zapach. Nie powinny być zlepione w grudki ani przypalone [Senderski, 2007].

Deszczowa pogoda latem i jesienią może stwarzać idealne warunki do gnicia owoców. Jedną z najpowszechniejszych chorób grzybiczych dotyczących owoce, w tym również maliny, jest szara pleśń (*Botrytis cinerea*). Zakażenie szarą pleśnią często następuje już w okresie kwitnienia, jednak objawy nie występują zwykle aż do momentu zbiorów [Hartman, 2004]. Owoce są porażane w różnej fazie rozwoju. Do czasu dojrzwania grzyb pozostaje w stanie utajonym. Dopiero przed lub w okresie zbioru owoców, zwłaszcza, gdy jest mokro i wilgotno, na owocach pojawia się charakterystyczny, szary, wołokowaty nalot. Owoce mogą również gnić. Gnijące owoce mogą być niebezpiecznym źródłem infekcji [Rusnak, 2011].

Ochrona malin przed szarą pleśnią jest trudniejsza niż w przypadku truskawek. Przeciwno infekcji kwiatów i gnicia owoców opRyskiwania powinny być wykonywane w okresie zarażania kwiatów, to znaczy na początku i w czasie kwitnienia malin. Natomiast ochrona pędów wymaga opRyskiwania przez całą vegetację roślin. OpRyskiwanie należy prowadzić zgodnie z aktualnym programem ochrony sadów. Chorobę tę zwalcza się jednocześnie z zamieraniem pędów malin. Bardzo ważnym zabiegiem w ograniczaniu szerzenia się choroby jest czyszczenie plantacji po zbiorze owoców, prowadzenie pędów przy drutach oraz usuwanie nadmiaru młodych pędów w celu lepszej przewiewności plantacji. Przy opRyskiwaniu malin przed i między zbiorami, koniecznie trzeba przestrzegać okresów karencji środków [Rusnak, 2011].

Zastosowanie w przemyśle spożywczym ozonu jako czynnika biobójczego może eliminować stosowanie do tego celu tradycyjnych, szkodliwych dla środowiska naturalnego związków chemicznych, a więc i powstawanie odpadów na tym etapie technologicznym. Drugą zaletą stosowania ozonu jest szybki rozpad tego związku do tlenu, przy czym nie ma innych produktów tej reakcji, a powstają tylko nieliczne produkty uboczne dezynfekcji [Rice, 2005]. Właściwe zastosowanie związku w zakładach przemysłu spożywczego pozwala określić tę technologię jako bezpieczną i przyjazną dla środowiska naturalnego [Krosowiak i in., 2007]. Ponadto stosując ozon można obniżyć pozostałości pestycydów. Stwierdzono podatność fungicydów z grupy ditiokarbaminianów oraz boskalidu na degradację pod wpływem gazowego ozonu. Pozostałości tych związków mogą być

zredukowane nawet o blisko 60% na owocach maliny i czarnej porzeczki [Antos i in., 2013; Balawejder i in., 2014].

Do tej pory przeprowadzono wiele prób i doświadczeń mających na celu ocenę wpływu gazowego ozonu na stan owoców w okresie ich przechowywania.

W jednym z doświadczeń [Rice, 2005] owoce jeżyny bezkolcowej, po zbiorze, przechowywano przez 12 dni w temp. 20°C w atmosferze zawierającej odpowiednio 0,1 oraz 0,3ppm ozonu. Następnie poddano je ocenie pod względem psucia się spowodowanego przez grzyby, zawartości antocyjanów, a także barwy. Ozonowanie zahamowało rozwój grzybów, w atmosferze bez ozonu 20% owoców uległo zepsuciu. Najczęściej występowała pleśń z rodzaju *Botrytis cinerea*. Podczas magazynowania nie zauważono uszkodzeń ani niekorzystnych zmian. We wszystkich próbach zawartość antocyjanów była zbliżona do poziomu wyjściowego. Barwa powierzchni jeżyn nie zmieniła się w próbach poddanych działaniu ozonu. Ozonowanie pozwoliło na wydłużenie okresu przydatności konsumpcyjnej owoców [Rice, 2005].

Ozon stosowano również do wydłużenia trwałości jabłek odmiany Yellow Newton, o intensywnej, zielonej barwie, które składowano w dwóch partiach przez trzy miesiące w warunkach chłodniczych (temp. 2°C). Pierwszą partię poddano działaniu ozonu o stężeniu 1-2ppm, a drugą traktowano jako kontrolną. Pod koniec trzeciego miesiąca jabłka w partii kontrolnej pokryły się pleśnią, ale nie było widocznej oparzeliny. Jabłka ozonowane nie miały ani pleśni, ani oparzeliny. Następnie obie partie jabłek przeniesiono do pomieszczenia o temperaturze pokojowej. Po trzech dniach przechowywania jabłka nieozonowane miały oparzelinę na 70% owoców. Po 10 dniach oparzelina wystąpiła na 80% owoców. Dla 60% jabłek mających oparzelinę były to zmiany bardzo intensywne. Partia jabłek, która została poddana działaniu ozonu nie miała oparzeliny po 13 dniach przechowywania w temperaturze pokojowej [Rice, 2005].

Firma Lyons-Magnus (Fresno, USA) używa wodnego roztworu ozonu do mycia świeżych truskawek, aby zredukować liczbę mikroorganizmów na owocach przed ich zamrożeniem. Mycie świeżych truskawek wodą zawierającą średnio 2,7 ppm ozonu redukuje ogólną liczbę *E. coli* i bakterii z grupy coli oraz całkowitą liczbę bakterii, drożdży i pleśni rozwijających się na płytkach. Ogólna liczba organizmów saprofitycznych na truskawkach umytych ozonowaną wodą obniżyła się średnio o ok. 95%. Podobnie ilość drożdży i pleśni zmniejszyła się o ok. 98% [Krosowiak, 2007].

Celem prezentowanej pracy było opracowanie metody wykorzystującej właściwości ozonu do przedłużenia trwałości przechowalniczej owoców maliny w warunkach niechłodniczych. Potrzeba opracowania takiej metody wynika ze sposobu zbioru i transportu surowca, który trwa nawet kilkanaście godzin. W tym czasie obserwuje się postępujący wzrost pleśni generujący straty.

Material i metody badań

Owoce

Maliny pozyskano u producenta w okolicach Rzeszowa natychmiast po zbiorze. Zakupioną partię losowo podzielono na cztery części i umieszczono w czterech plastikowych pojemnikach z podwójnym dnem, które przechowywano w temperaturze pokojowej. Maliny były rozłożone w jednej, przewiewnej warstwie grubości jednego owocu. Pozwoliło to na wizualną ocenę stopnia porażania bez przemieszania owoców, chroniąc je przed uszkodzeniem. Masa owoców (na początku eksperymentu) w kolejnych pojemnikach wynosiła: pojemnik pierwszy: 570 g, drugi: 485 g, trzeci: 376 g, czwarty: 469 g. Różnice masy w poszczególnych pojemnikach wynikały z losowego rozłożenia owoców, bez ich wcześniejszego ważenia dla uniknięcia niepotrzebnych manipulacji delikatnym materiałem.

Procedura przechowalnicza

Pojemniki przechowywano w laboratorium w temperaturze pokojowej (25°C) przez 72 godziny. Zawartość dwóch spośród czterech pojemników poddawana była regularnemu ozonowaniu w czasie 30 minut, dwa razy dziennie, w odstępach dwunastogodzinnych. Do wzbogacenia powietrza w gazowy ozon wykorzystano generator ozonu Korona 02/10, generujący ozon o stężeniu 8-10ppm w przepływie 18dm³/min. Poziom generowanego ozonu sprawdzano czujnikiem stężenia gazowego ozonu 106M Ozone Solution o zakresie pomiarowym od 0 do 1000 ppm.

Po przywiezieniu owoców od dostawcy i ułożeniu ich w opisanych pojemnikach pobrano próbki startowe z każdego pojemnika (dwóch przeznaczonych do ozonowania i dwóch opisanych jako próba kontrolna, nie poddawanych ozonowaniu). Na pobranych próbach przeprowadzono wszystkie oznaczenia traktując uzyskane wyniki jako próbę startową (oznaczoną jako czas 0). Po pobraniu próbek przeprowadzono niezwłocznie pierwsze ozonowanie owoców w dwóch pojemnikach, rozpoczynając tym samym zliczanie czasu przechowywania. Od momentu zakończenia pierwszego ozonowania, co 24 godziny oceniano wizualnie stopień porażenia szarą pleśnią i zliczano owoce o widocznych objawach infekcji (owoców zepsutych nie usuwano), ważono pojemniki z owocami w celu prowadzenia bilansu masy, a następnie pobierano próbki z wszystkich pojemników (dwóch ozonowanych według opisanej procedury oraz dwóch kontrolnych) i w pobranych owocach mierzono zawartość cukrów i witaminy C. Do oznaczeń pobierano wyłącznie owoce zdrowe, bez śladów zapleśnienia. Tak samo postępowano po upływie kolejno: 24, 48 oraz 72 godzin od momentu pierwszego ozonowania.

Oznaczanie zawartości cukrów

Oznaczono zawartość cukrów ogółem w próbie kontrolnej oraz malinach poddanych działaniu ozonu. Próbkę malin pobierano z każdego pojemnika (dwóch kontrolnych i dwóch ozonowanych) na początku eksperymentu, potem zaś w odstępach 24 godzinnych. Oznaczenie wykonywano w czterech powtórzeniach dla każdego z pojemników.

Pobrane próbki homogenizowano w młynku laboratoryjnym, a następnie odważano 10g homogenatu malin i przenoszono do kolby okrągłodennej. Dodawano 30 cm³ 96% etanolu (POCH Gliwice) i 5 cm³ wody destylowanej. Próbki były następnie ekstrahowane w łaźni wodnej pod chłodnicą zwrotną przez 30 minut i odwirowywane w wirówce (4500 obrotów, 30 minut). Supernatant zlewano do kolby miarowej i uzupełniano wodą dejonizowaną do 50cm³.

Analizę chromatograficzną poprzedzało przesączenie próbki przez nylonowy filtr strzykawkowy o średnicy porów 0,22 µm. Do analiz w badanych ekstraktach z malin zastosowano wysokosprawny chromatograf cieczowy firmy Varian, składający się z dwóch pomp wysokociśnieniowych Varian LC 212, autosamplera Varian ProStar 410, ewaporacyjnego detektora promieniowania rozproszonego Varian ELSD 385 LC oraz modułu integrującego Varian Star 800. Do rozdzielu chromatograficznego użyto kolumny chromatograficznej Grace Prevail Carbohydrate ES 5 µm, 250 mm x 4,6 mm. Ustalono optymalne parametry analizy chromatograficznej: przepływ izokratyczny; skład fazy ruchomej: acetonitryl: woda 80:20 v/v; prędkość przepływu fazy ruchomej: 1cm³/min; objętość nastrzyku: 25 µl; temperatura wewnątrz termostatu kolumnowego: 35°C; temperatura tacy autosamplera: 4°C. Oszacowano podstawowe parametry walidacyjne zastosowanej metody analitycznej: granicę oznaczalności (LOQ - 0,5g·L⁻¹) i granicę wykrywalności (LOD - 0,25g·L⁻¹). Określona została liniowość odpowiedzi detektora na zadane stężenia roztworów wzorcowych w zakresie od 1,0 do 10 mg/cm³. Pełnej kalibracji dokonywano na bieżąco, co dziewięć wykonanych nastrzyków.

Oznaczenie zawartości witaminy C

Oznaczenie przeprowadzono dla owoców maliny poddanych ozonowaniu oraz próby odniesienia.

Próbki pobierano w odstępach 24h, z każdego pojemnika (2 ozonowane, 2 kontrolne), zaczynając od dnia pierwszego (próba startowa). Pobierano 50g owoców, z czego po homogenizacji odważano 10g i rozcierano w moździerzu z 2% roztworem kwasu szczawiowego (POCH Gliwice). Następnie przenoszono ilościowo do kolby o pojemności 100cm³ i po uzupełnieniu kwasem do kreski dokładnie mieszano. Pozostawiano na 10 minut w ciemnym miejscu a następnie przesączało. Przesącz w ilości 10cm³ pobierano do kolby stożkowej i natychmiast miareczkowano mianowanym roztworem 2,6-dichlorofenolindofenolu (DCPiP)

produkcji POCH Gliwice. Miareczkowanie wykonywano w trzech powtórzeniach dla tego samego przesączu.

Zawartość witaminy C obliczono ze wzoru:

$$c = \frac{V \times M \times V_{km}}{V_p \times m} \times 100 \left[\frac{mg}{100g} \right],$$

gdzie:

V – objętość DCPiP zużyta w trakcie miareczkowania [cm³]

M – miano DCPiP

V_{km} – objętość kolby miarowej [cm³]

V_p – objętość przesączu [cm³]

m – masa nawózki

Ocena ubytku masy owoców w trakcie przechowywania

Owoce ozonowane oraz w pojemnikach kontrolnych poddawano ścisłej kontroli masy, co finalnie pozwoliło obliczyć procentowy ubytek masy owoców poddanych ozonowaniu oraz nieozonowanych, przechowywanych w warunkach niechłodniczych, po łącznym czasie 72 godzin od pierwszego ozonowania.

Badanie stopnia porażenia owoców szarą pleśnią

Owoce malin zliczono na początku eksperymentu. Przy każdorazowym pobieraniu ich do wykonania poszczególnych oznaczeń odnotowywano liczbę sztuk owoców porażonych szarą pleśnią. Pozwoliło to wyliczyć procentowy stopień porażenia owoców poddanych działaniu ozonu oraz próby kontrolnej.

Wyniki i dyskusja

Maliny przechowywane w warunkach niechłodniczych podatne są na wiele niekorzystnych procesów powodujących ich szybkie psucie [Hartman, 2004].

Tab. 1. Zawartość sumy cukrów [g/100g] w malinach nie poddanych i poddanych ozonowaniu (podano wartości średnie ±SD dla n=4)

Czas [h]	Maliny nieozonowane suma cukrów [g/100g surowca]	Maliny ozonowane suma cukrów [g/100g surowca]
0 (próba startowa)	2,57 ± 0,019	2,57 ± 0,019
24 h	2,52 ± 0,014	2,47 ± 0,016
48 h	2,01 ± 0,012	2,43 ± 0,022
72 h	-	1,66 ± 0,013

Jednym z nich jest fermentacja, w trakcie której metabolizowane są cukry, dlatego założono, że ważnym parametrem stanu owoców w trakcie przechowywania jest ich poziom. Po upływie 48 godzin od pierwszego ozonowania zaobserwowano spadek sumy cukrów z wyjściowego poziomu 2,57 g/ 100g surowca do 2,01 g/100g surowca w próbie nie ozonowanej (kontrolnej), oraz 2,43 g/100 g surowca w próbie poddanej ozonowaniu. Po upływie 72 godzin od początku eksperymentu poziom cukrów ogółem oznaczono jedynie w próbie poddanej ozonowaniu, ponieważ całość próby kontrolnej porażona była szarą pleśnią, a do oznaczeń pobierano wyłącznie owoce zdrowe. W malinach ozonowanych zawartość cukrów ogółem spadła po 72 h do 1,66 g/100 g surowca.

W pojemniku z owocami ozonowanymi, po upływie 24 h od rozpoczęcia eksperymentu zaobserwowano jedną malinę porażoną szarą pleśnią. Było to spowodowane przypuszczalnie zakażeniem, do którego doszło w okresie kwitnienia, natomiast same objawy nie wystąpiły aż do momentu zbiorów [Hartman, 2004] ponieważ do czasu dojrzewania grzyb pozostaje zazwyczaj w stanie utajonym [Rusnak, 2011]. Zaobserwowano, że w następstwie działania gazowego ozonu rozwój pleśni na tym owocu został zahamowany, niejako „uśpiony”. Prawdopodobnie dzięki właściwościom ozonu pozostałe owoce zostały zabezpieczone przed przenoszeniem i rozwojem *Botrytis cinerea*. Porażenie owoców ozonowanych po upływie 72h od pierwszego ozonowania było dużo mniejsze niż owoców nieozonowanych (Tab. 2). W malinach nieozonowanych stwierdzono rosnący stopień porażenia szarą pleśnią począwszy od 24 h po pierwszym ozonowaniu (6,75% owoców porażonych) aż do 100% owoców porażonych po upływie 72h od początku eksperymentu. W malinach ozonowanych stopień porażenia rósł w znacznie wolniejszym tempie, osiągając wartość 11,55% po 72 h od pierwszego ozonowania. Doskonale potwierdza to skuteczność ozonu jako czynnika zwiększającego trwałość przechowalniczą malin poprzez działanie przypuszczalnie bakteriobójcze i grzybobójcze.

Tab. 2. Stopień porażenia [%] szarą pleśnią malin nie poddanych i poddanych ozonowaniu

Czas [h]	Maliny nieozonowane porażenie [%]	Maliny ozonowane porażenie [%]
0 (próba startowa)	0	0
24 h	6,75	0,83
48 h	25,00	4,29
72 h	100	11,55

Stan owoców udokumentowano na zdjęciach (Rys. 1- 4):



Rys. 1. Owoce maliny po 24h przechowywania- owoce ozonowane



Rys. 2. Owoce maliny po 24h przechowywania- owoce nieozonowane (próba kontrolna)



Rys. 3. Owoce maliny po 72h przechowywania - owoce ozonowane



Rys. 4. Owoce maliny po 72h przechowywania - owoce nieozonowane (próba kontrolna)

Zabezpieczenie owoców przed rozwojem mikroorganizmów niesie ze sobą dalsze pozytywne efekty w postaci zwiększenia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności (malin) chociażby poprzez zmniejszenie ryzyka rozwoju bakterii szkodliwych dla ludzi oraz powodujących psucie się owoców. Na podstawie obserwacji stwierdzono, że maliny ozonowane zachowują przydatność konsumpcyjną nawet przez cztery dni od momentu pierwszego ozonowania

zgodnie z opisaną procedurą. Dodatkowo zastosowanie okresowego ozonowania pozwala na oszczędność energetyczną oraz umożliwia wykorzystanie ograniczonej liczby generatorów ozonu do zabezpieczania dużej partii owoców.

Mechanizm przedłużenia trwałości malin w warunkach niechłodniczych może również opierać się o rozkład cząsteczek wydzielonego etylenu, pod wpływem ozonu, przyspieszającego starzenie się przechowywanych owoców [Patent, 2013].

Nie zaobserwowano wpływu ozonu na zawartość witaminy C w owocach malin. Analiza statystyczna (test t) wykazała, że wyniki uzyskane z próby kontrolnej nie różnią się statystycznie istotnie (poziom istotności $\alpha=0,05$) od próby ozonowanej w czasie prowadzenia doświadczenia (Tab. 3). Przypuszcza się, że zastosowany czas i dawka ozonu (8-10 ppm, 30 min) zabezpieczyły owoce maliny odkażając tylko ich powierzchnię. Prawdopodobnie nie doszło do długotrwałej wymiany gazowej pomiędzy owocem a atmosferą wzbogaconą w ozon, co nie doprowadziło do zmian składników bioaktywnych, w tym witaminy C która jest podatna na rozkład ozonem.

Tab. 3. Zawartość witaminy C [mg/100g] w malinach nie poddanych i poddanych ozonowaniu (podano wartości średnie $\pm$ SD dla $n=3$).

Czas [h]	Maliny nieozonowane wit. C [mg/100g]	Maliny ozonowane wit. C [mg/100g]
0 (próba startowa)	12,07 $\pm$ 0,75	12,26 $\pm$ 0,60
24 h	11,63 $\pm$ 0,68	11,60 $\pm$ 0,70
48 h	6,84 $\pm$ 0,80	5,82 $\pm$ 0,90
72 h	3,70 $\pm$ 0,90	5,00 $\pm$ 1,20

Literaturowe doniesienia potwierdzają tą prawidłowość [Zhang i in., 2011]. Podczas ozonowania owoców truskawki przechowywanych w warunkach chłodniczych przez 10 dni, stwierdzono, że doprowadzony do chłodni ozon o stężeniach 2ppm, 4ppm, 8ppm nie powoduje obniżenia zawartości witaminy C w owocach. Zanotowano również stopniowy zanik witaminy C, jednak znacznie gwałtowniejszy w owocach nieozonowanych [Zhang i in., 2011].

Tab. 4. Ubytek masy [%] owoców maliny po 72h przechowywania

Czas [h]	Maliny nieozonowane ubytek masy [%]	Maliny ozonowane ubytek masy [%]
po 72 h	51,3	6,58

Systematycznie prowadzony bilans masy pozwolił wyznaczyć procentowy ubytek masy owoców maliny po 72 h od rozpoczęcia doświadczenia (Tab. 4). Stwierdzono znacznie większy ubytek masy dla malin nieozonowanych sięgający ponad 51%, natomiast w ozonowanych stanowił niespełna 6,6%.

Ta drastyczna różnica również przemawia na korzyść zastosowania gazowego ozonu w przechowywaniu malin.

Stwierdzono, że zastosowanie procesu ozonowania jednoznacznie korzystnie wpływa na przechowywanie malin. Ozon w znaczącym stopniu ograniczył rozwój szarej pleśni na owocach maliny, ponadto nie wpłynął niekorzystnie na zawartość witaminy C, a także znacząco zmniejszył ubytek masy owoców w trakcie przechowywania. Ozonowanie pozwoliło na utrzymanie owoców w lepszej kondycji i przedłużyło okres ich przechowywania w warunkach niechłodniczych. Metoda okazała się skuteczna, a jej prostota i stosunkowo niskie koszty sprzętowe pozwalają przypuszczać, że z powodzeniem mogłaby znaleźć zastosowanie w produkcji malin.

Wnioski

1. Opracowano metodę przedłużenia trwałości przechowalniczej malin przechowywanych w warunkach niechłodniczych z wykorzystaniem gazowego ozonu.
2. Stwierdzono że zastosowanie ozonu pozwoliło przedłużyć czas przechowywania owoców maliny nawet do 4 dni od momentu rozpoczęcia ozonowania między innymi prawdopodobnie na skutek rozkładu cząsteczek etylenu odpowiedzialnego za starzenie się owoców.
3. Dzięki dezynfekującym właściwościom ozonu zabezpieczono owoce przed rozwojem szkodliwej mikroflory oraz wstrzymano procesy rozwoju porażenia szarą pleśnią.
4. Proces nie wpłynął niekorzystnie na owoce o czym świadczy np. brak wpływu na poziom witaminy C.
5. Zaobserwowano korzystny wpływ procesu zabezpieczającego przed ubytkiem masy owoców w trakcie przechowywania.
6. Ozonowane owoce zachowały wysoką konsumpcyjną jakość przez 48 godzin, w czasie kolejnych 24 godzin zaobserwowano postępujący, aczkolwiek znacznie spowolniony proces dojrzewania.

Literatura

- [1] Antos P, Kurdziel A, Sadło S, Balawejder M.: Preliminary study on the use of ozonation for the degradation of dithiocarbamate residues in the fruit drying process: mancozeb residue in blackcurrant is the example used. *Journal of Plant Protection Research*, 2013, 53 (1), 48-52.
- [2] Balawejder M., Szpyrka E., Antos P., Józefczyk R., Piechowicz B., Sadło S.: Method for Reduction of Pesticide Residue Levels in Raspberry and Blackcurrant Based on Utilization of Ozone. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2014, 25 (4), 1-5.
- [3] Hartman J.: Raspberry Fruit Rots. *Plant Pathology Fact Sheet*, 2004, PPFS-FR-S-04, 1-2.

- [4] Krosowiak K., Śmigielski K., Dziugan P.: Możliwości zastosowania ozonu w przemyśle spożywczym. *Przemysł Spożywczy*, 2007, 11, 26-29.
- [5] Patent, 2013: Application of humidity, ozone and several chemicals together on fresh fruit and vegetables. WO 2013126024 A1.
- [6] Rice R., G.: Etapy rozwoju i aktualne zastosowania ozonu w przetwórstwie żywności. W: *Zastosowanie ozonu*. Polska Akademia Nauk, Łódź 2005, 279-322.
- [7] Rusnak J.: Ochrona malin przed chorobami i szkodnikami. Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Karniowicach, 2011, 9-10.
- [8] Senderski M.E.: *Prawie wszystko o ziołach*, Podkowa Leśna 2007, 411-412.
- [9] Zhang X., Zhang Z., Wang L. and Zhao J.: Impact of ozone on quality of strawberry during cold storage, China 2011, 358.

WPŁYW OGRZEWANIA PREPARATÓW BIAŁEK SERWATKOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE OTRZYMANYCH Z NICH ŻELI

ALEKSANDRA CIOŁKOWSKA, WALDEMAR GUSTAW, KATARZYNA
SKRZYPCZAK, MONIKA-MICHALAK MAJEWSKA, WOJCIECH RADZKI,
ANETA SŁAWIŃSKA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ, MARTA ZALEWSKA-
KORONA

Streszczenie

Celem pracy było otrzymanie żeli z różnych preparatów białek serwatkowych: koncentratów (WPC 65 i WPC 80) i izolatu (WPI) wstępnie ogrzewanych "na sucho", oraz określenie wpływu temperatury i czasu ogrzewania na teksturę i parametry barwy otrzymanych żeli.

Właściwości mechaniczne żeli badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i. Określono wartości naprężenia niszczącego przy ściskaniu i względnego odkształcenia. Oznaczenia parametrów barwy żeli w systemie CIE $L^*a^*b^*$ wykonywano metodą odbiciową przy użyciu spektrofotometru sferycznego X-RiteColor® 8200. Określono parametry barwy, tj. L^* - jasność barwy, a^* - chromatyczność w zakresie czerwono - zielonym, b^* - chromatyczność w zakresie żółto - niebieskim.

Ogrzewanie preparatów białek serwatkowych "na sucho" wpłynęło zarówno na właściwości reologiczne, jak i barwę uzyskanych żeli. Najślabsze i najbardziej kruche były żele z WPC 65, natomiast najmocniejsze okazały się żele otrzymane z WPI. Wszystkie próbki otrzymane z preparatów białek serwatkowych poddanych wstępnemu suszeniu były ciemniejsze od żeli kontrolnych. Najbardziej widoczną zmianę barwy zaobserwowano w przypadku żeli uzyskanych z koncentratów białek serwatkowych. Najniższą wartość parametru L^* , czyli barwę najciemniejszą stwierdzono w żelach otrzymanych z WPC 65 wstępnie ogrzewanego w temp. 70°C przez 15 dni.

Słowa kluczowe: WPC, WPI, białka serwatkowe, żelowanie, tekstura

Wprowadzenie

Serwatka jest produktem ubocznym powstającym przy produkcji sera i kazeiny. Do niedawna traktowana była jako odpad lub składnik pasz dla zwierząt. Obecnie jest cennym surowcem dla przemysłu spożywczego, ze względu na zawarte w niej składniki odżywcze, m.in. białka serwatkowe [Jasińska i Skryplonek, 2014].

Białka serwatkowe stanowią blisko 20% wszystkich białek mleka. Charakteryzują się wysoką wartością odżywczą oraz szeroko wykorzystywanymi w przemyśle spożywczym właściwościami funkcjonalnymi. Wpływają one na lepkość produktu, wykazują zdolność do emulgowania, tworzenia żeli, utrzymywania wody, czy tworzenia piany. Należy podkreślić, że zachowanie białek w roztworze wodnym zależy od wielu czynników, jak np. pH, siła jonowa, temperatura i czas ogrzewania, czy stężenie białka [Glibowski i in., 2004; Nicolai i in. 2011; Nastaj, 2012].

Jedną z najważniejszych właściwości funkcjonalnych białek serwatkowych jest ich zdolność do tworzenia stabilnych żeli. W wyniku procesu żelowania, uzyskuje się produkty o określonych właściwościach reologicznych [Gustaw, 2006]. Właściwości fizykochemiczne żeli zależą od warunków procesu. Zatem otrzymane żele mogą być opalizujące lub przezroczyste, gąbczaste lub bardzo elastyczne, twarde lub kruche [Gustaw i Sz wajgier, 2012].

Reakcje Maillarda, nazywane inaczej reakcjami nieenzymatycznego brązowienia, polegają na powstawaniu związków barwnych w wyniku reakcji pomiędzy cukrami redukującymi, a zawierającymi wolną grupę aminową aminokwasami, peptydami czy białkami. Zachodzą one pod wpływem ogrzewania lub długotrwałego przechowywania produktów [Michalska i Zieliński, 2007; Mulsow i in., 2009].

Celem pracy było otrzymanie żeli z różnych preparatów białek serwatkowych: koncentratów (WPC 65 i WPC 80) i izolatu (WPI), wstępnie ogrzewanych "na sucho" oraz określenie wpływu temperatury i czasu ogrzewania na teksturę i parametry barwy otrzymanych żeli.

Material i metody badań

Do badań użyto: izolat białek serwatkowych (WPI) o zawartości białka 91,7%, koncentraty białek serwatkowych: WPC 65 o zawartości białka 65,4% i WPC 80 o zawartości białka 80,6% (Milei, Niemcy).

Przygotowanie próbek

Odważono po 5 g preparatów białek serwatkowych (WPI, WPC 65 i WPC 80) i umieszczono w probówkach, które szczelnie zamknięto i poddano suszeniu w temperaturach 60°C i 70°C. Po upływie 1, 5, 10 i 15 dni ogrzewane probówki wyjęto z suszarki i schłodzono do temperatury pokojowej. Z tak przygotowanych preparatów białek serwatkowych sporządzono zawiesiny w 0,1 M roztworze NaCl o stężeniu 14% białka. Ustalono pH zawiesin na poziomie 7. Z tak uzyskanych zawiesin sporządzono próbki do analizy tekstury i oznaczenia barwy.

W celu analizy tekstury zawiesiny umieszczano w szklanych rurkach o średnicy wewnętrznej 10 mm, powleczonych od wewnątrz warstwą oleju roślinnego, a następnie zamknięto z jednej strony gumowym korkiem, z drugiej folią aluminiową. Rurki przetrzymywano w łaźni wodnej w temp. 80°C przez 30 min, a następnie schłodzono pod bieżącą wodą do temperatury pokojowej

i przetrzymywano przez 20 h w temp. 4°C. Żele wysuwano z rurek i cięto na cylindry o długości 10 mm. Jako układ odniesienia sporządzono żele z WPC 65, WPC 80 oraz WPI wstępnie nieogrzewanych o stężeniu białka 10,12 i 14%.

Próbki do oznaczenia barwy przygotowano w zlewkach o średnicy 40 mm i wysokości 15 mm powleczonych od wewnątrz warstwą oleju roślinnego. Zlewki zamknięto folią aluminiową i ogrzewano w łaźni wodnej w temperaturze 80°C przez 30 min. Następnie próbki schłodzono do temperatury pokojowej i przetrzymywano przez 20h w temperaturze 4°C. Po upływie 20h otrzymane żele wyjmowano ze zlewek. Jako układ odniesienia sporządzono żele z WPC 65, WPC 80 oraz WPI wstępnie nieogrzewanych.

Analiza tekstury

Przygotowane próbki analizowano przy użyciu teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Otrzymane żele badano przy użyciu próbnika o średnicy 35 mm, ściskając je dwukrotnie, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s do osiągnięcia 80% deformacji. Analizowano próbki składające się z 10 walców. Uzyskane wyniki rejestrowano w programie Texture Expert 1.22.

Oznaczenie barwy

Oznaczenia parametrów barwy żeli w systemie pomiarowym CIE $L^*a^*b^*$ wykonywano metodą odbiciową używając spektrofotometru sferycznego X-RiteColor® 8200 (X-Rite Inc., USA), przy pomocy programu komputerowego X-Rite Color Master. Zastosowano źródło światła D_{65} i obserwator kolorymetryczny o polu widzenia 100. Jako źródło odniesienia zastosowano wzorzec bieli ($L^*=95,87$, $a^*=-0,49$, $b^*=2,39$). Uzyskane wyniki wyrażono w jednostkach systemu CIE $L^*a^*b^*$, gdzie: L^* - jasność barwy, a^* - chromatyczność w zakresie czerwono - zielonym, b^* - chromatyczność w zakresie żółto - niebieskim. Wszystkie oznaczenia wykonano w dwóch powtórzeniach.

Analiza statystyczna

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu STATISTICA 12 PL. W celu określenia wpływu temperatury i czasu ogrzewania na właściwości tekstury żeli zastosowano czynnikową analizę wariancji (ANOVA), wykorzystując test post-hoc Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

W Tab. 1 przedstawiono wartości względnego odkształcenia żeli z preparatów białek serwatkowych w zależności od stężenia białka. Uzyskane wyniki oraz przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazały istotnego wpływu zastosowanego stężenia białka na wartości względnego odkształcenia żeli.

Najniższymi wartościami naprężenia niszczącego charakteryzowały się żele otrzymane z WPC 80 o zawartości białka 10%, były one najbardziej kruche. Wzrost stężenia białka do 12% nie wpłynął istotnie na wartości naprężenia żeli. Stwierdzono natomiast istotnie wyższe wartości naprężenia niszczącego żeli

otrzymanych z preparatów serwatkowych o stężeniu białka 14%, w porównaniu z żelami o niższym stężeniu białka (Tab. 2).

Tab. 1. Zmiany wartości względnego odkształcenia żeli otrzymanych z preparatów białek serwatkowych (wcześniej nieogrzewanych) w zależności od stężenia białka

Rodzaj preparatu	Stężenie białka [%]		
	10	12	14
WPC 65	0,62 ^a ±0,25	0,68 ^a ±0,15	0,67 ^a ±0,02
WPC 80	0,49 ^a ±0,10	0,71 ^a ±0,18	0,73 ^a ±0,15
WPI	0,92 ^a ±0,23	0,94 ^a ±0,09	0,96 ^a ±0,15

a - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$)

Tab. 2. Zmiany wartości naprężenia niszczącego żeli otrzymanych z preparatów białek serwatkowych (wcześniej nieogrzewanych) w zależności od stężenia białka

Rodzaj preparatu	Stężenie białka [%]		
	10	12	14
WPC 65	1,18 ^a ±0,23	2,01 ^a ±0,36	4,25 ^b ±0,35
WPC 80	0,61 ^a ±0,18	1,82 ^a ±0,42	3,35 ^b ±0,61
WPI	11,77 ^a ±2,40	17,00 ^a ±1,98	25,33 ^b ±8,09

a ÷ b – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$)

W Tab. 3 przedstawiono wartości względnego odkształcenia żeli otrzymanych z WPC 65 suszonych w temp. 60°C i 70°C, przez okres 1, 5, 10 i 15 dni. Żele otrzymano z roztworów białka o stężeniu 14%, ponieważ takie stężenie gwarantowało uzyskanie twardych, stabilnych żeli ze wszystkich badanych preparatów.

Tab. 3. Zmiany wartości względnego odkształcenia żeli otrzymanych z WPC 65 w - zależności od temperatury i czasu suszenia

Temperatura	Czas suszenia (dni)			
	1	5	10	15
60°C	0,74 ^a ±0,04	0,65 ^a ±0,05	0,70 ^a ±0,06	0,69 ^a ±0,04
70°C	0,94 ^b ±0,14	1,60 ^c ±0,01*	1,57 ^c ±0,03*	1,56 ^c ±0,10*

a ÷ c – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$)

* - żele nie pękały przy 80% deformacji

W przypadku suszenia WPC 65 w temp. 60°C wartości względnego odkształcenia otrzymanych żeli były zbliżone do wartości dla żeli z WPC 65

nie poddanego suszeniu. Wydłużenie czasu ogrzewania nie miało istotnego wpływu na elastyczność żeli. Natomiast żele otrzymane z koncentratu wstępnie ogrzewanego w temp. 70°C, były znacznie bardziej elastyczne. Już po 5 dniach suszenia zaobserwowano istotny wzrost wartości względnego odkształcenia żeli. Dodatkowo struktura żeli z WPC 65 ogrzewanego w temp. 70°C przez 5, 10 i 15 dni, była tak elastyczna, że żele nie pękały przy 80% deformacji.

Tab. 4. Zmiany wartości naprężenia niszczącego żeli otrzymanych z WPC 65 w zależności od temperatury i czasu suszenia

Temperatura	Czas suszenia (dni)			
	1	5	10	15
60°C	3,29 ^a ±0,62	3,11 ^a ±0,39	4,03 ^a ±0,67	3,60 ^a ±0,40
70°C	4,90 ^a ±1,15	3,90 ^a ±0,78	3,95 ^a ±0,68	3,33 ^a ±0,73

a - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$)

Wartości naprężenia niszczącego żeli otrzymanych z WPC 65 suszonego w temp. 60°C przez 1, 5, 10 i 15 dni były niższe od wartości uzyskanych dla żeli z preparatu nie poddanego wcześniejszemu ogrzewaniu. Suszenie przez 1 dzień w temp. 70°C powodowało wzrost twardości żeli w porównaniu z próbą kontrolną, lecz wydłużenie okresu ogrzewania powodowało osłabienie struktury żeli. Wydłużenie czasu oraz wzrost temperatury suszenia nie miał istotnego wpływu na twardość żeli.

Żele uzyskane z WPC 80 wstępnie nieogrzewanego były mniej elastyczne w porównaniu z żelami z WPC 80 ogrzewanego na sucho w temp. 60 i 70°C. Wydłużenie czasu suszenia koncentratu w temp. 70°C do 5 dni wpłynęło znacznie na wzrost wartości względnego odkształcenia. Natomiast dalsze ogrzewanie nie miało istotnego wpływu na elastyczność żeli. W przypadku żeli otrzymanych z WPC 80 wstępnie ogrzewanego w temp. 70°C przez 10 i 15 dni, wartości względnego odkształcenia osiągnęły tak wysokie wartości, że żele nie pękały przy 80% deformacji (Tab. 5).

Tab. 5. Zmiany wartości względnego odkształcenia żeli otrzymanych z WPC 80 w zależności od temperatury i czasu suszenia

Temperatura	Czas suszenia (dni)			
	1	5	10	15
60°C	0,74 ^a ±0,03	0,77 ^a ±0,05	0,89 ^a ±0,06	0,98 ^a ±0,14
70°C	0,88 ^a ±0,06	1,32 ^b ±0,26	1,57 ^b ±0,08*	1,61 ^b ±0,00*

* - żele nie pękały przy 80% deformacji

a ÷ b – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$)

Tab. 6. Zmiany wartości naprężenia niszczącego żeli otrzymanych z WPC 80 w zależności od temperatury i czasu suszenia

Temperatura	Czas suszenia (dni)			
	1	5	10	15
60°C	2,47 ^a ±0,22	3,47 ^{ab} ±0,52	4,57 ^b ±1,05	4,58 ^b ±0,99
70°C	4,56 ^b ±0,61	4,56 ^b ±0,47	4,11 ^{ab} ±0,67	4,30 ^{ab} ±0,42

a ÷ b – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$)

Wartości naprężenia niszczącego żeli otrzymanych z WPC 80 suszonego w temp. 60°C były wyższe od wartości uzyskanych w przypadku WPC 80 nie poddanego suszeniu. Jedynie w przypadku koncentratu poddanego ogrzewaniu w temp. 60°C przez 1 dzień wartości te były niższe. Wydłużenie czasu ogrzewania WPC 80 w temp. 70°C nie wpłynęło istotnie na twardość żeli. Najbardziej kruche okazały się żele z WPC 80 poddanego suszeniu w temp. 60°C przez 1 dzień.

W przypadku żeli otrzymanych z WPI wartości względnego odkształcenia rosły zarówno dla WPI suszonego w temp. 60°C, jak i 70°C, przez 1, 5 i 10 dni. Zarówno wydłużenie czasu, jak i wzrost temperatury ogrzewania izolatu nie miał istotnego wpływu na elastyczność żeli. Najwyższą wartość względnego odkształcenia zaobserwowano w przypadku żelu otrzymanego z WPI ogrzewanego w temp 70°C przez 10 dni.

Tab. 7. Zmiany wartości względnego odkształcenia żeli otrzymanych z WPI w zależności od temperatury i czasu suszenia

Temperatura	Czas suszenia (dni)			
	1	5	10	15
60°C	0,99 ^a ±0,13	1,01 ^a ±0,12	1,03 ^a ±0,23	0,92 ^a ±0,13
70°C	0,91 ^a ±0,16	0,95 ^a ±0,10	1,17 ^a ±0,29	1,09 ^a ±0,16

a - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$)

W Tab. 8 przedstawiono wartości naprężenia niszczącego żeli otrzymanych z WPI poddanego ogrzewaniu "na sucho". Jedynie żele uzyskane z izolatu suszonego przez 10 dni w temp. 70°C były mocniejsze od żeli z WPI wstępnie nieogrzewanego. Pozostałe próbki były bardziej kruche, a ich wartości były zbliżone do siebie i nie różniły się istotnie.

Analizując otrzymane wyniki, można stwierdzić, że żele przygotowane z WPI charakteryzowały się lepszymi właściwościami od żeli z koncentratów. Ako i in. [2010] wzrost temperatury, stężenia białka, bądź stężenia soli prowadzi do przyspieszenia procesu żelowania.

Tab. 8. Zmiany wartości naprężenia niszczącego żeli otrzymanych z WPI w zależności od temperatury i czasu suszenia

Temperatura	Czas suszenia (dni)			
	1	5	10	15
60°C	23,30 ^a ±3,16	24,43 ^a ±5,98	22,42 ^a ±3,89	22,36 ^a ±1,68
70°C	23,36 ^a ±4,05	25,22 ^a ±2,54	26,45 ^a ±5,42	22,48 ^a ±2,60

a - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$)

Spośród wszystkich białek serwatkowych najlepszymi właściwościami żelującymi wyróżniają się β -laktoglobuliny. Natomiast natywne α -laktoalbuminy wykazują słabą zdolność żelowania. Poprawić ją można przez niewielki dodatek BSA lub β -laktoglobuliny [Brodziak, 2012]. Według Lorenzen i in. [2006] właściwości żeli z WPI są lepsze od żeli WPC dzięki wyższej zawartości β -laktoglobuliny oraz niższej zawartości tłuszczu, laktozy i fosfolipidów. WPC ma wyraźnie więcej wapnia, potasu, podczas gdy WPI zawiera dwukrotnie więcej sodu. Różnice te znacząco oddziałują na właściwości funkcjonalne tych preparatów.

Hong i Creamer [2002] badali interakcje zachodzące podczas ogrzewania α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny w neutralnym pH w zakresie temperatur 55-95°C. Stwierdzili, że w wyniku ogrzewania białka powoli tworzyły się monomery i dimery, a α -laktoalbumina pozbawiona swojej grupy prostetycznej (apobiałko) była znacznie bardziej reaktywna. W przypadku mieszanin α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny tworzyły się większe agregaty oraz naturalnie niewystępujące monomery i dimery. Ponadto obecność β -laktoglobuliny w mieszaninie przyspieszyła tempo utraty struktury natywnej α -laktoalbuminy.

Według Gulzar i in. [2012] ogrzewanie "na sucho" powoduje utratę struktury natywnej białka, z jednoczesnym tworzeniem się zagregowanych struktur. Wzrost pH powoduje powstawanie agregatów o większych rozmiarach. Przy niższym pH (2,5) przeważają wiązania dwusiarczkowe, natomiast przy pH wyższym (4,5 i 6,5) powstają również wiązania kowalencyjne inne niż disulfidowe [Gulzar i in., 2013]. Ogrzewanie białek przyczynia się do osłabienia lub rozerwania wiązań utrzymujących ich strukturę. Możliwe, więc staje się oddziaływanie cząsteczek białka z wodą. Powoduje to ich rozfałdowanie i zwiększenie ilości związanej wody. Poszczególne cząstki białka oddziałują na siebie na skutek zmiany jego struktury. Powstaje trójwymiarowa sieć zatrzymująca wodę oraz substancje w niej rozpuszczone [Mleko i Achremowicz, 1993]. Według Mleko [2001] tworzące się w trakcie ogrzewania roztworów białek serwatkowych dwusiarczkowe wiązania przyczyniają się do zwiększenia średniej masy powstających agregatów. Następuje stabilizacja sieci żelu poprzez wzrost efektywnej długości białkowego łańcucha, która powoduje poplątanie struktury.

Gulzar i in. [2012] badali właściwości żelujące białek serwatkowych ogrzewanych "na sucho" w zależności od temperatury, pH i aktywności wody. Według nich poddanie preparatów serwatkowych suszeniu w wysokich temperaturach wpływa na właściwości żelujące białek. Powstające podczas wstępnego ogrzewania rozpuszczalne agregaty poprawiają właściwości żelujące białek serwatkowych. Zdolność zatrzymywania wody oraz wytrzymałość struktury żeli rośnie do momentu, gdy w wyniku nadmiernej denaturacja białek dochodzi do powstawania nierozpuszczalnych agregatów. Zarówno aktywność wody, jak i pH znacznie wpływa na właściwości funkcjonalne białek serwatkowych, więc konieczna jest ścisła kontrola tych parametrów w celu poprawy właściwości żelujących preparatów serwatkowych.

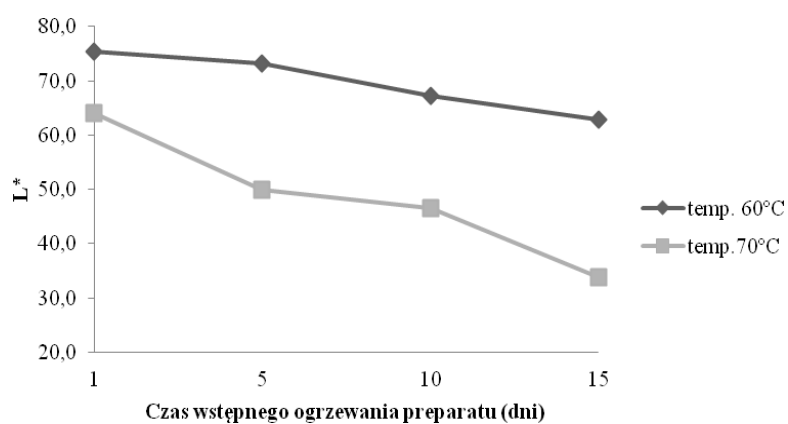
Matsudomi i in. [2001] badali właściwości strukturalne owoalbuminy ogrzewanej "na sucho". Stwierdzili, że w wyniku suszenia albuminy jaja kurzego w temp. 80°C dochodziło do poprawy właściwości uzyskanych z niej żeli. Według autorów częściowa denaturacja i deaminacja białka w wyniku ogrzewania "na sucho" powoduje tworzenie się agregatów, tworzących uporządkowaną matrycę żelową.

W Tab. 9 przedstawiono parametry barwy próbek kontrolnych otrzymanych z WPC 65, WPC 80 i WPI nie poddawanych wstępnemu ogrzewaniu. Najwyższą wartością parametru L*, a więc najjaśniejszą barwą charakteryzowały się żele otrzymane z WPC 80. Natomiast najwyższe wartości parametrów a* i b* barwy zaobserwowano w przypadku WPC 65. Podobne wyniki uzyskały Dobrzańska i Cais-Sokolińska [2014], które badały parametry barwy wybranych preparatów białek mleka w zależności od stężenia w nich laktozy i białka.

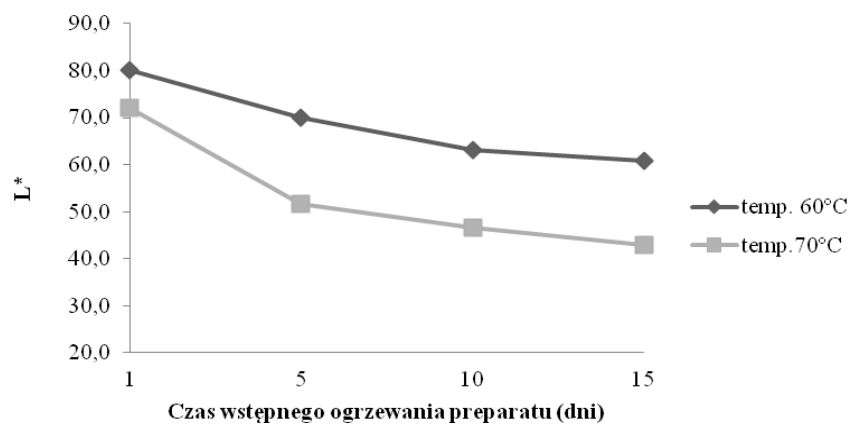
Tab. 9. Parametry barwy żeli otrzymanych z preparatów białek serwatkowych (wcześniej nieogrzewanych)

Parametr barwy	Rodzaj preparatu		
	WPC 65	WPC 80	WPI
L*	80,35	84,37	53,31
a*	2,07	0,61	-5,14
b*	17,11	14,46	-10,38

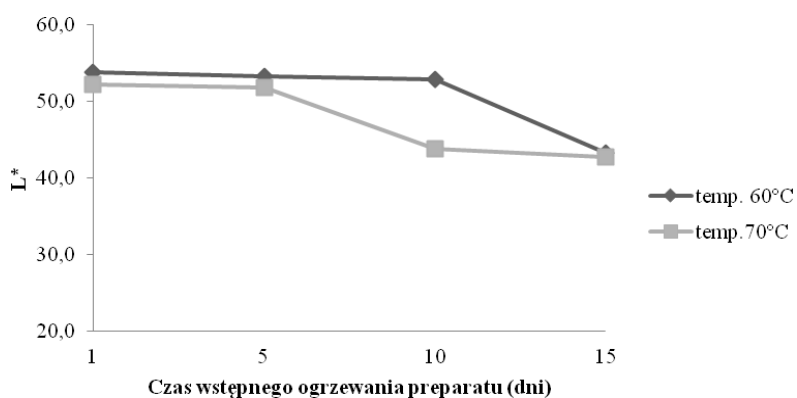
Wraz ze wzrostem temperatury oraz w miarę upływu czasu ogrzewania wszystkich preparatów białek serwatkowych, obserwowano spadek wartości parametru L* barwy w otrzymanych z nich żelach, a więc ich ciemnienie (Rys. 1, 2 i 3). Próby kontrolne miały wyższe wartości parametru L* barwy, od żeli przygotowanych z koncentratów i izolatów białek serwatkowych poddanych ogrzewaniu "na sucho". Najbardziej widoczna zmiana barwy nastąpiła w przypadku koncentratów białek serwatkowych.



Rys. 1. Wpływ czasu ogrzewania WPC 65 na zmianę jasności barwy (L^*) żeli otrzymanych z tego preparatu

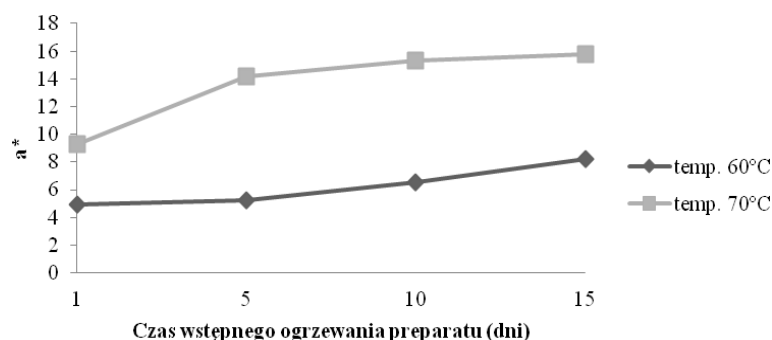


Rys. 2. Wpływ czasu ogrzewania WPC 80 na zmianę jasności barwy (L^*) żeli otrzymanych z tego preparatu

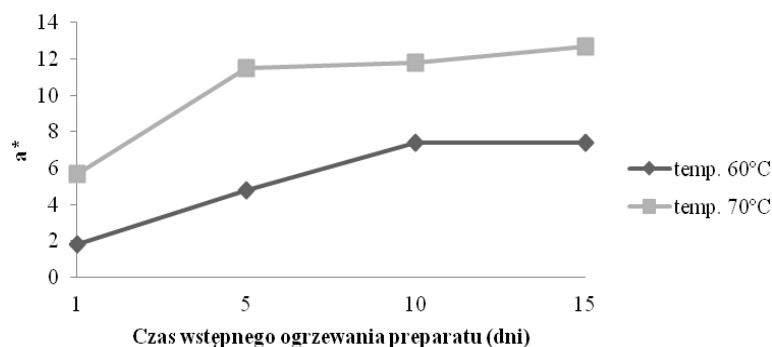


Rys. 3. Wpływ czasu ogrzewania WPI na zmianę jasności barwy (L^*) żeli otrzymanych z tego preparatu

Na podstawie analizy parametru barwy a^* można stwierdzić, że wraz ze wzrostem temperatury oraz wydłużeniem czasu suszenia koncentratów białek serwatkowych wartości parametru a^* rosły. Badane żele charakteryzowały się wyższymi wartościami parametru a^* w porównaniu do prób kontrolnych. Najwyższym udziałem czerwonej barwy wyróżniały się żele sporządzone z koncentratów wstępnie ogrzewanych w temp. 70°C przez 15 dni. Żele otrzymane z preparatów ogrzewanego na sucho w temp. 70°C uzyskały znacznie wyższe wartości a^* w porównaniu z żelami z WPC ogrzewanymi w temp. 60°C (Rys. 4 i 5).

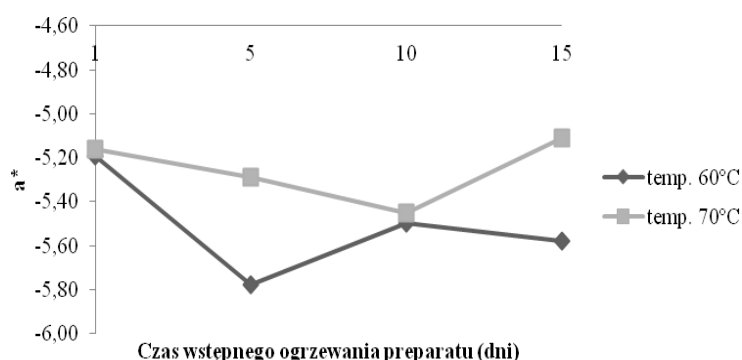


Rys. 4. Wpływ czasu ogrzewania WPC 65 na zmianę wartości parametru a^* żeli otrzymanych z tego preparatu



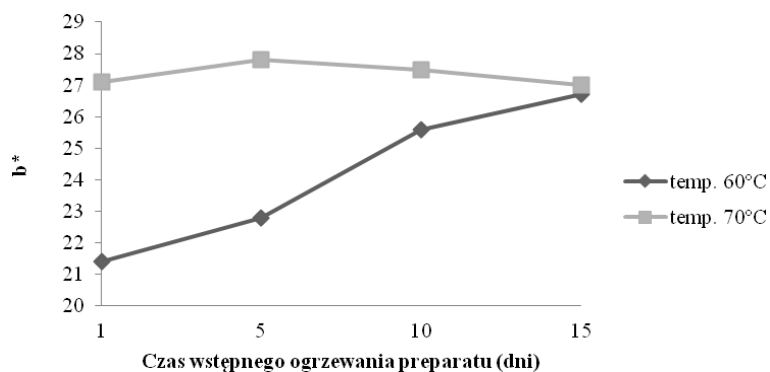
Rys. 5. Wpływ czasu ogrzewania WPC 80 na zmianę wartości parametru a^* żeli otrzymanych z tego preparatu

Wartość parametru a^* żelu sporządzonego z WPI wstępnie nieogrzewanego wyniosła -5,14. Żele otrzymane z izolatu poddanego wstępnemu ogrzewaniu w temp. 60 i 70°C uzyskały wartości mniejsze. Wraz ze wzrostem temperatury ogrzewania żele miały wyższe wartości parametru a^* .

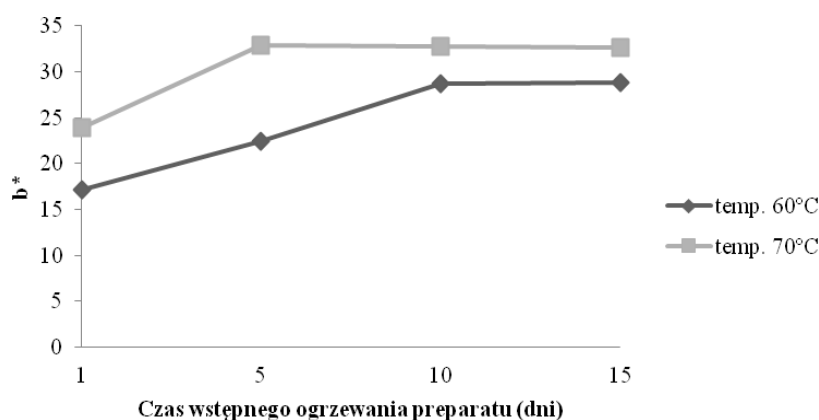


Rys. 6. Wpływ czasu ogrzewania WPI na zmianę wartości parametru a^* żeli otrzymanych z tego preparatu

Analiza wartości parametru b^* barwy wykazała, że wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania preparatów białek serwatkowych w temperaturze 60°C, otrzymane z nich żele miały barwę bardziej żółtą (lub mniej niebieską). Najmniejszym udziałem żółtej barwy (najmniejsza wartość parametru b^*), w przypadku WPC 65 i WPC 80, charakteryzowały się próby kontrolne, natomiast najwyższym żele sporządzone z koncentratów wstępnie ogrzewanych w temp. 70°C przez 5 dni.

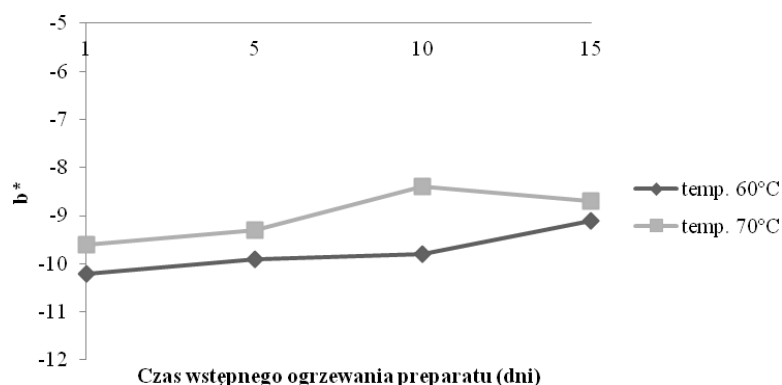


Rys. 7. Wpływ czasu ogrzewania WPC 65 na zmianę wartości parametru b^* żeli otrzymanych z tego preparatu



Rys. 8. Wpływ czasu ogrzewania WPC 80 na zmianę wartości parametru b^* żeli otrzymanych z tego preparatu

W przypadku WPI, żele otrzymane z preparatu ogrzewanego na sucho (Rys. 9) charakteryzowały się wyższymi wartościami parametru b^* w porównaniu do próby kontrolnej. Wzrost temperatury suszenia powodował, że miały większe wartości parametru b^* . Najwyższą wartość parametru b^* barwy osiągnął żel sporządzony z WPI wstępnie ogrzewanego w temp. 70°C przez 10 dni.



Rys. 9. Wpływ czasu ogrzewania WPI na zmianę wartości parametru b^* żeli otrzymanych z tego preparatu

Nastaj i in. [2014] stwierdzili, że jasność L^* oraz parametry a^* i b^* barwy bez otrzymanych z preparatów białek serwatkowych były zależne od rodzaju preparatu, stężenia białka i węglowodanów w badanym układzie. Najniższą wartość parametru L^* , czyli najciemniejszą barwę stwierdzono w żelach otrzymanych z WPC 65 wstępnie ogrzewanego w temp. 70°C przez 15 dni. WPC 65 charakteryzował się najwyższą zawartością laktozy spośród badanych preparatów.

Pan i Melton [2007] badali wpływ ogrzewania mieszanin laktozy i kazeinianu w różnych warunkach wilgotności względnej na tempo zachodzenia reakcji Maillarda. Stwierdzili oni, że wzrost wilgotności względnej przyspieszał tempo degradacji produktów Amadori i powodował widoczną zmianę barwy.

Otrzymane różnice w wartościach poszczególnych parametrów barwy mogą zatem wynikać z zawartości białka i laktozy w badanych preparatach i zachodzących w nich reakcjach Maillarda. Zmiany wartości współczynników a^* i b^* są ściśle związane ze zmianami parametru L^* . Szczególnie ta zależność widoczna jest między składowymi L^* i a^* . Jednoczesne zmniejszenie parametru L^* oraz większy udział barwy czerwonej są przejawem reakcji nieenzymatycznego ciemnienia produktów.

Wnioski

1. Ogrzewanie preparatów białek serwatkowych „na sucho” wpłynęło na zmianę ich barwy i właściwości reologicznych.
2. Żele otrzymane z izolatu białek serwatkowych charakteryzowały się lepszymi właściwościami reologicznymi od żeli uzyskanych z koncentratów białek serwatkowych.
3. Wraz ze wzrostem temperatury i wydłużeniem czasu ogrzewania wszystkich preparatów białek serwatkowych "na sucho", otrzymane z nich żele były ciemniejsze.
4. Zmiany barwy wynikały z zajścia reakcji Maillarda pomiędzy aminokwasami i laktozą, co było najbardziej widoczne w przypadku koncentratów białek serwatkowych.

Literatura

- [1] Ako K., Nicolai T., Durand D.: Salt-induced gelation of globular protein aggregates: structure and kinetics. *Biomacromolecules*, 2010, 11, 864-871.
- [2] Brodziak A.: Właściwości żelujące i tekstura żeli otrzymanych z białek serwatkowych pochodzących z mleka krów różnych ras. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 4 (83), 161-174.
- [3] Dobrzańska A., Cais-Sokolińska D.: Ocena przydatności systemów pomiaru barwy do badań preparatów białek mleka i serwatki. *Aparatura badawcza i dydaktyczna*, 2014, 2, 267-272.
- [4] Glibowski P., Mleko S., Gustaw W.: Właściwości reologiczne żeli białek serwatkowych otrzymywanych przez bezpośredni dodatek soli. *Annales UMCS Sec. E*, 2004, 59 (1), 205-213.
- [5] Gulzar M., Bouhallab S., Jardin J., Briard-Bion V., Croguennec T.: Structural consequences of dry heating on alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin at pH 6,5. *Food Research International*, 2013, 51, 899-906.

- [6] Gulzar M., Bouhallab S., Jeantet R., Schuck P., Croguennec T.: Influence of pH on the dry heat-induced denaturation/aggregation of whey protein. *Food Chemistry*, 2011, 129, 110-116.
- [7] Gulzar M., Lechevalier V., Bouhallab S., Croguennec T.: The physicochemical parameters during dry heating strongly influence the gelling properties of whey proteins. *Journal of Food Engineering*, 2012, 112, 296-303.
- [8] Gustaw W.: Zmiany właściwości reologicznych żeli białek serwatkowych podczas przechowywania. *Acta Agrophysica*, 2006, 8(2), 347-356.
- [9] Gustaw W., Sz wajgier D.: Właściwości reologiczne mieszanych żeli β -glukanu owsianego i białek serwatkowych. *Polimery*, 2012, 4 (57), 284-289.
- [10] Hong Y.H., Creamer L.K.: Changed protein structures of bovine β -lactoglobulin B and α -lactalbumin as a consequence of heat treatment. *International Dairy Journal*, 2002, 12, 345-359.
- [11] Jasińska M., Skryplonek K.: Wartość żywieniowa i prozdrowotna serwatki oraz jej wykorzystanie. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 2014, 2, 76-84.
- [12] Matsudomi N., Takahashi H., Miyata T.: Some structural properties of ovalbumin heated at 80°C in the dry state. *Food Research International*, 2001, 34, 229-235.
- [13] Michalska A., Zieliński H.: Produkty reakcji Maillarda w żywności. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 2 (51), 5-16.
- [14] Mleko S.: Żelowanie polimerów/agregatów białek serwatkowych pod wpływem jonów wapniowych. *Przegląd Mleczarski*, 2001b, 8, 337-340.
- [15] Mleko S., Achremowicz B.: Żelowanie koncentratów białek serwatkowych. *Przemysł Spożywczy*, 1993, 10, 272-274.
- [16] Mulsow B., Jacob M., Henkle T.: Studies on the impact of glycation on the denaturation of whey proteins. *European Food Research and Technology*, 2009, 228, 643-649.
- [17] Nastaj M.: Wpływ chlorku sodu na właściwości reologiczne pian otrzymanych z albuminy wysoko pienistej. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 5 (84), 113-123.
- [18] Nastaj M., Sołowiej B., Gustaw W.: Właściwości fizykochemiczne bez wysokobiałkowych otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 2 (93), 33-47.
- [19] Nicolai T., Britten M., Schmitt Ch.: β -lactoglobulin and WPI aggregates: formation, structure and applications. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25, 1945-1962.
- [20] Pan G.G., Melton L.D.: Nonenzymatic browning of lactose and caseinate during dry heating at different relative humidities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55, 10036-10042.

WPLYW DODATKU EKSTRAKTÓW SŁODOWYCH NA JAKOŚĆ PIECZYWA PSZENNEGO

ANNA CZUBASZEK, JUSTYNA DROZDOWICZ, ANNA CZAJA,
JÓZEF BŁĄŻEWICZ

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu dodatku ekstraktów słodowych na jakość ciasta i pieczywa pszenne. Materiał badawczy stanowiła handlowa mąka pszenna typu 550 oraz trzy ekstrakty słodowe różnych typów: niediastatyczny Candi malt extract (CME), diastatyczny Bakery malt extract (BME) i barwiący Colouring malt extract (CoME). Dodatek ekstraktów do mąki pszennej wynosił 2 lub 4% w stosunku do jej masy, a próbę kontrolną stanowiła mąka pszenna.

W mące, bez i z dodatkiem ekstraktów, oznaczono wydajność glutenu, liczbę opadania oraz właściwości reologiczne ciasta i kleiku przy użyciu farinografu i amylografu firmy Brabender. Przeprowadzono wypiek laboratoryjny metodą bezpośrednią. Pieczywo oceniono organoleptycznie, określono jego wydajność i objętość. Strukturę miękiszu określono testem TPA, a zróżnicowanie barwy kolorymetrem odbiciowym.

Dodatek ekstraktów, a szczególnie typu diastatycznego (BME) powodował zmniejszenie liczby opadania, końcowej temperatury kleikowania i maksymalnej lepkości kleiku z mąki pszennej. Wystąpiła tendencja do zmniejszania stałości ciasta oraz zwiększania jego rozmiękczenia. Dodatek ekstraktów słodowych prowadził do pociemnienia barwy miękiszu pieczywa. Największe zmiany barwy powodował ekstrakt barwiący CoME. Ekstrakty wszystkich typów zwiększały wydajność chleba. Objętość chleba ulegała zwiększeniu przy dodatku ekstraktu CoME, a BME powodował jej zmniejszenie. Twardość, gumowatość i żuwalność miękiszu wzrastała pod wpływem dodatku ekstraktu CME i CoME, a spoistość zmniejszała się gdy dodawano ekstrakt BME. Chleby z 2 lub 4% dodatkiem ekstraktów słodowych zaliczono do I klasy jakościowej.

Słowa kluczowe: mąka pszenna, ekstrakty słodowe, ciasto, chleb

Wprowadzenie

W piekarnictwie coraz częściej wykorzystuje się ekstrakty słodowe czyli zagęszczone brzeczki pozyskane z różnych sładów [Błażewicz, 2004]. Mają one postać złoto-brązowej, lepkiej cieczy o charakterystycznym zapachu i słodkim smaku. Zawierają cenne składniki sładu takie jak: enzymy, produkty hydrolizy enzymatycznej - głównie węglowodanów i białek, składniki mineralne, garbniki i kwasy organiczne [Błażewicz, 2004, Piesiewicz, 2005, Tabolicz, 2005,

Mariana-Atena i in., 2006, Mäkinen i Arendt, 2012, Błazewicz i in., 2013]. Qingming i in. [2010] wykazali, że ekstrakt słodowy charakteryzuje się dużą aktywnością przeciwutleniającą, w związku z tym celowe jest wykorzystywanie go do produkcji żywności o działaniu profilaktycznym przy zapobieganiu chorobom wywołanym przez reaktywne formy tlenu.

Ekstrakty słodowe można podzielić na diastatyczne i niediastatyczne. Diastatyczne zawierają aktywne amylazy i są używane do uszlachetnienia mąk o małej aktywności amylolitycznej. Niediastatyczne wykorzystuje się w celu wzbogacenia smaku i aromatu pieczywa. Ekstrakty słodowe mogą wpływać na zwiększenie objętości wyrobów piekarskich, ponieważ są źródłem cukrów prostych i związków azotowych pobieranych przez drożdże podczas fermentacji ciasta [Piesiewicz, 2005, Man i in., 2012]. Ling i in. [2009] informują, że pieczywo z dodatkiem ekstraktów słodowych wolniej czerstwieje.

Celem tej pracy była ocena zmian właściwości reologicznych ciasta i kleiku oraz cech jakościowych pieczywa z mąki pszennej pod wpływem dodatku różnych ekstraktów słodowych.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym była mąka pszenna typu 550 wyprodukowana przez Diamant International Polska, Młyny Zbożowe Stanisława Grygiera Sp. z o.o. oraz ekstrakty słodowe: niediastatyczny Candi malt extract [CME], diastatyczny Bakery malt extract [BME], barwiący Colouring malt extract [CoME], czeskiej firmy Sladovna spol. s. r. o. Dodatek ekstraktów do mąki pszennej wynosił 2 lub 4% w stosunku do jej masy. Próba kontrolną była mąka pszenna.

Oznaczono liczbę opadania [PN-EN ISO 3093:2007] i wydajność glutenu [PN-77/A-74041]. Oceniono właściwości reologiczne kleiku z zastosowaniem amylografu [PN-ISO 7973:2001] a ciasta przy użyciu farinografu [PN-ISO 5530-1:1999]. Wypiek laboratoryjny przeprowadzono metodą opisaną przez Karolini-Skaradzińską i in. [2010]. Oznaczono objętość pieczywa ze 100g mąki za pomocą aparatu SA-WY oraz jego wydajność [Jakubczyk i Haber, 1983]. Ocenę organoleptyczną przeprowadzono wg PN-A-74108:1996. Pomiar barwy miękiszu wykonano kolorymetrem Konica Minolta Chroma Meter CR 200b. Strukturę miękiszu oceniono na podstawie testu TPA aparatem Instron 5566. Kostkę miękiszu o wymiarach 30x30x30 mm ściskano dwukrotnie przy użyciu trzpienia o wymiarach 42x42 mm do wysokości 15 mm z prędkością 1mm/s. Siła nacisku wynosiła 0,20 N. Z otrzymanych teksturogramów, w układzie siła-przemieszczenie, określono: twardość, elastyczność, spoistość, gumowatość i żuwalność miękiszu. Wszystkie analizy wykonano w 2 powtórzeniach.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Różnice pomiędzy średnimi wyceniono testem Duncana przy poziomie istotności 0,05. Obliczenia wykonano przy użyciu programu *Statistica 10.0* firmy StatSoft.

Wyniki i dyskusja

W Tabeli 1 przedstawiono właściwości ekstraktów słodowych użytych w badaniach. Ekstrakty CME i BME miały jasny, miodowy kolor, gęstą konsystencję i słodki smak. Siła diastatyczna BME wynosiła 3350 ± 150 j.WK, a w CME i CoME parametr ten był nieokreślony. Ekstrakt CoME miał ciemniejszą barwę, mniejszą suchą masę, gęstość i zawartość maltozy oraz rzadszą konsystencję od pozostałych ekstraktów. Charakteryzował się słodkawo-gorzkim smakiem i mniejszym pH. Ze względu na swoje właściwości ekstrakty mogą w różny sposób oddziaływać na wartość wypiekową mąki i cechy jakościowe pieczywa pszennego.

Tab. 1. Właściwości fizyko-chemiczne ekstraktów słodowych*

Nazwa ekstraktu Cecha	CME	BME	CoME
Kolor	miodowy	miodowy	ciemny, czarno-brązowy
Zapach	typowo słodowy, słodki, bez obcych zapachów	typowo słodowy, słodki, bez obcych zapachów	słodowy, lekko gorzki, palony, bez obcych zapachów
Smak	typowo słodowy, słodki, bez obcych posmaków	typowo słodowy, słodki, bez obcych posmaków	słodowy, lekko gorzki, cierpki, palony bez obcych posmaków
Konsystencja	gęsta ciecz o konsystencji miodu	gęsta ciecz o konsystencji miodu	gęsta ciecz, bardziej ciekła niż miód
Sucha masa [%]	81,0 $\pm$ 1	81,0 $\pm$ 1	65,0 $\pm$ 2
Siła diastatyczna [j.WK]	-	3350 $\pm$ 150	-
Zawartość maltozy [%]	56,0 $\pm$ 2	56,0 $\pm$ 2	18,0 $\pm$ 2
Zawartość glukozy [%]	9,0 $\pm$ 2	9,0 $\pm$ 2	-
Zawartość fruktozy [%]	3,0 $\pm$ 2	3,0 $\pm$ 2	-
Zawartość białka [%]	6,2 $\pm$ 0,2	6,2 $\pm$ 0,2	6,2 $\pm$ 0,2
Zawartość składników mineralnych [%]	1,2	1,2	-
Zawartość tłuszczu [%]	0,1	0,1	-
Gęstość w temp. 20°C	1,39-1,41 g/ml	1,39-1,41 g/ml	1,2 kg/dm ³
pH	5,2-5,8	5,2-5,8	3,8-4,1

*opracowanie własne na podstawie specyfikacji produktów Sladovna spol s.r.o.

Ważnymi wyróżnikami jakości mąki są liczba opadania i właściwości kleiku oznaczane amylograficznie. Na ich podstawie określa się aktywność enzymów amylolitycznych i stan układu amylazowo-skrobiowego mąki. Konopka i in. [2004] podają, że liczba opadania pszenic chlebowych waha się w zakresie

222-563 s. W tym zakresie mieściła się liczba opadania mąki pszennej (kontrola) użytej w badaniach (316 s) (Tab. 2). Khalil i in. [2000] stwierdzili, że dodatek słoju jęczmiennego do mąki pszennej powoduje zmniejszenie liczby opadania. W badaniach własnych użyte ekstrakty słodowe także zmniejszały wartość tego wyróżnika. W największym stopniu na tę cechę wpływał ekstrakt BME (zawierający aktywne amylazy), który już przy 2% dodatku zmniejszał liczbę opadania do 197 s, a przy 4% dodatku do 152 s (Tab. 2). Ekstrakty CoME i CME, mimo ograniczonej aktywności amylolitycznej, także zmniejszały liczbę opadania, lecz w mniejszym zakresie niż BME.

Tab. 2. Wartości średnie liczby opadania i cech amylograficznych mąki pszennej z dodatkiem ekstraktów słodowych

Rodzaj ekstraktu	Dodatek ekstraktu [%]	Liczba opadania [s]	Cechy amylograficzne		
			początkowa temperatura kleikowania [°C]	końcowa temperatura kleikowania [°C]	maksymalna lepkość kleiku mącznego [AU]
kontrola		316 a	59,5 a	84,0 a	540 a
CME	2	320 a	55,0 b	77,0 c	540 a
	4	306 b	60,0 a	82,5 ab	510 b
CoME	2	308 b	58,5 ab	80,0 bc	540 a
	4	299 c	59,0 a	82,0 ab	510 b
BME	2	197 d	58,0 ab	70,0 d	230 c
	4	152 e	58,5 ab	67,5 d	180 d

a-e – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Badanie amylograficzne mąki pszennej wykazało, że proces jej kleikowania zachodził w temperaturze od 60,0 do 82,5°C, a maksymalna lepkość kleiku wynosiła 540 AU (Tab. 2). Wartości te mieszczą się w zakresie podawanym przez Konopkę i in. [2004] dla kleików mącznych z pszenic chlebowych, wobec tego stwierdzono, że mąka pszenna użyta w badaniach posiadała układ amylazowo-skrobiowy odpowiedni do uzyskania pieczywa dobrej jakości. Wyniki zamieszczone w Tabeli 2 wskazują, że po dodaniu ekstraktów słodowych do mąki pszennej temperatury początkowe kleikowania zawiesin nie ulegały istotnym zmianom (z wyjątkiem 2% dodatku CME), a na końcową temperaturę kleikowania największy wpływ miał ekstrakt BME, który przy 4% dodatku zmniejszał ją do 67,5°C. Dodatek ekstraktów powodował zmniejszanie maksymalnej lepkości kleików mącznych. Ekstrakty CME i CoME dopiero po zastosowaniu 4% dodatku

powodowały istotne statystycznie zmiany tej cechy (510 AU), a BME zmniejszał maksymalną lepkość kleiku do 230 AU już przy 2% dodatku i do 180 AU przy 4% dodatku.

W kształtowaniu wartości wypiekowej mąki pszennej kluczową rolę odgrywa gluten. Mąki pszenne, według Rozbickiego i in. [2015], charakteryzują się wydajnością glutenu od 23,0 do 32,2%. Z mąki użytej w badaniach własnych uzyskano 33,8% glutenu mokrego (Tab. 3). Pozwala to zaliczyć ją do mąk o bardzo dobrej jakości. Dodatki ekstraktów powodowały, że wydajność glutenu zmieniała się w zakresie od 31,3% do 34,7%. W odniesieniu do mąki pszennej bez dodatków, zmiany te nie były statystycznie istotne.

Wielu autorów [Khalil i in., 2000, Ling i in., 2009, Mäkinen i Arendt, 2012] wykazało, że sód lub ekstrakt słodowy dodany do ciasta pszennego zmienia jego właściwości reologiczne. W badaniach własnych określono, że wodochłonność mąki wahała się od 59,9 (4% BME) do 62,7% (4% CME, 2%CoME) (Tab. 3). Różnice te nie były statystycznie istotne, lecz mogą mieć znaczenie technologiczne. Ekstrakt CoME (o najmniejszej zawartości maltozy i niskim pH - Tab. 1) w dawce 4% poprawiał wytrzymałość ciasta (stałość - 10,5 min, rozmiękczenie - 50 FU, liczba jakości - 140 mm). Ekstrakt BME, o dużej sile diastatycznej, miał niekorzystny wpływ na jakość ciasta zmniejszając przy 2 i 4% dawkach stałość, rozmiękczenie i liczbę jakości. Takie zachowanie ciast pod wpływem ekstraktu diastatycznego może być wynikiem działania zawartej w nich alfa-amylazy, ponieważ Ravi i in. [2000] wykazali, że dodatek czystej alfa-amylazy powoduje zmniejszenie stałości ciasta.

Tab. 3. Wartości średnie wydajności glutenu mokrego i cech farinograficznych mąki pszennej z dodatkiem ekstraktów słodowych

Rodzaj ekstraktu	Dodatek ekstraktu [%]	Wydajność glutenu mokrego [%]	Cechy farinograficzne			
			Wodochłonność mąki [%]	Stałość ciasta [min]	Rozmiękczenie ciasta [FU]	Liczba jakości [mm]
kontrola		33,8 ab	61,0 a	7,7 b	70 c	90 cd
CME	2	34,7 a	62,1 a	8,0 b	80 b	95 cd
	4	33,6 ab	62,7 a	4,9 d	80 b	110 b
CoME	2	33,3 ab	62,7 a	6,2 c	65 c	97 c
	4	31,3 b	61,1 a	10,5 a	50 d	140 a
BME	2	33,7 ab	61,7 a	3,6 f	100 a	73 e
	4	32,8 ab	59,9 a	4,1 e	100 a	83 de

a-g – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Man i in. [2012] uważają natomiast, że zawarte w ekstraktach aktywne proteazy mogą przyczyniać się do hydrolizy białek glutenowych co osłabia strukturę ciasta. Ekstrakt niediastatyczny (CME) w dawce 4% korzystnie wpływał na liczbę jakości (110 mm), a ekstrakt diastatyczny (BME), zalecany przez producenta jako dodatek do mąki o niskiej aktywności amylolitycznej, pogarszał ją (83 mm) (Tab. 3).

Tab. 4. Wartości średnie cech jakościowych chleba pszennego z dodatkiem ekstraktów słodowych

Rodzaj ekstraktu	Dodatek ekstraktu [%]	Wydajność chleba [%]	Objętość chleba ze 100 g mąki [cm ³]	Ocena organoleptyczna [punkty]
kontrola		152,0 d	574 b	31 ab
	2	153,3 bc	600 a	32 a
	4	155,0 a	576 b	31 ab
CME	2	152,9 c	600 a	30 bc
	4	153,9 b	604 a	29 c
CoME	2	153,2 c	568 b	31 ab
	4	155,1 a	574 b	30 bc
BME	2			
	4			

a-d – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Stwierdzono, że dodatek ekstraktów wszystkich typów zwiększał wydajność chleba wraz ze wzrostem dawki (Tab. 4). Największe różnice wystąpiły pomiędzy próbą kontrolną – 152,0% a chlebem z 4% dodatkiem BME - 155,1% i CME - 155,0%. Zwiększoną wydajność chleba z ekstraktem uzyskali także Ling i in. [2009]. Chleby z dodatkiem ekstraktów cechowały się taką samą (4% CME, 2 i 4% BME) lub większą (2% CME, 2 i 4% CoME) objętością niż chleby pszenne bez dodatków (Tab. 4). Zwiększenie objętości pieczywa, pod wpływem dodatku słodów lub ekstraktów słodowych uzyskali także inni autorzy [Mariana-Atena i in., 2006, Mäkinen i Arendt, 2012]. Według Man i in. [2012] ekstrakty słodowe w cieście dostarczają składników potrzebnych dla rozwoju drożdży i poprawiają wydajność CO₂ podczas fermentacji, co przyczynia się do zwiększenia objętości pieczywa. Jednak przy zbyt dużej aktywności enzymatycznej może dochodzić do osłabienia struktury ciasta i zmniejszenia objętości chlebów co było obserwowane po zastosowaniu ekstraktu BME (Tab. 4).

Ling i in. [2009] stwierdzili, że dodatek ekstraktu słodowego do chleba pszennego poprawia jego ocenę organoleptyczną, a szczególnie smak, zapach i strukturę miększu. W badaniach własnych wypieczone chleby były dobrze wyrośnięte, cechowały się odpowiednimi właściwościami skórki i miększu.

Wyniki oceny organoleptycznej mieściły się w zakresie od 29 (4% CoME) do 32 punktów (2% CME) (Tab. 4), co pozwala zaliczyć wszystkie chleby I klasy jakości.

Tab. 5. Wartości średnie parametrów barwy miększu chleba pszennego z dodatkiem ekstraktów słodowych

Rodzaj ekstraktu	Dodatek ekstraktu [%]	L*	a*	b*
kontrola		68,4 a	-2,8 f	21,6 d
CME	2	69,0 a	-1,8 e	22,8 c
	4	65,5 b	-0,8 d	24,5 ab
CoME	2	43,6 e	4,0 b	14,8 e
	4	36,9 f	4,4 a	10,7 f
BME	2	65,9 b	-0,9 d	23,9 b
	4	61,9 d	0,6 c	24,8 a

a-f – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Wykazano, że chleby z dodatkiem CoME w odniesieniu do chlebów kontrolnych i chlebów z dodatkiem CME i BME cechowały się najniższymi wartościami parametru L* (43,6 - 2% i 36,9 - 4%) (Tab. 5). Barwa ich miększu miała także największy udział barwy czerwonej (parametr a* = 4,0 i 4,4 odpowiednio przy 2 i 4% dodatku) i najmniejszy udział barwy żółtej (parametr b* = 14,8 i 10,7 odpowiednio przy 2 i 4% dodatku). Stwierdzono, że ze wzrostem ilości ekstraktów następowało istotne zmniejszenie wartości parametru L*, a zwiększenie a*. Parametr b*, gdy stosowano ekstrakty CME i BME, ulegał zwiększeniu, a gdy dodawano CoME zmniejszał się ze wzrostem dodatku. Mariana-Atena i in. [2006] po dodaniu ekstraktów słodowych również otrzymali pieczywo o ciemniejszej barwie. Autorzy ci uważają, że przyczyną tego zjawiska są cukry proste i aktywna alfa-amylaza, które wpływają na intensywność przebiegu reakcji Maillarda podczas wypieku pieczywa.

W badaniach dotyczących wpływu dodatku różnych słodów na twardość miększu chleba stwierdzono, że słód owsiany nie zmienia jej, a pszenno i jęczmienny powoduje jej zmniejszenie [Mäkinen i Arendt, 2012]. W badaniach własnych pieczywo z 2% i 4% dodatkiem ekstraktów CME i CoME cechowało się większą twardością miększu (odpowiednio 38,0 i 37,2 N oraz 37,4 i 40,6 N) niż chleb kontrolny (26,6 N) (Tab. 6).

Tab. 6. Wartości średnie cech testu TPA miększu chleba pszennego z różnym udziałem ekstraktów słodowych

Rodzaj ekstraktu	Dodatek ekstraktu [%]	Twardość [N]	Elastyczność [mm]	Spoistość	Gumowatość [N]	Żuwalność [N x mm]
kontrola		26,6 b	24,5 a	0,45 ab	11,9 b	292,8 b
CME	2	38,0 a	24,5 a	0,45 ab	17,2 a	421,0 a
	4	37,2 a	24,6 a	0,45 ab	16,6 a	407,8 a
CoME	2	37,4 a	24,6 a	0,47 a	17,1 a	421,4 a
	4	40,6 a	24,4 a	0,44 b	17,8 a	436,3 a
BME	2	26,3 b	24,5 a	0,40 c	10,5 b	256,6 b
	4	27,6 b	24,6 a	0,36 d	9,9 b	243,3 b

a-d – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Wymienione dodatki powodowały także zwiększenie gumowatości i żuwalności, a nie wpływały na spoistość miększu. Odwrotny wpływ miał ekstrakt BME, którego dodatek przyczyniał się tylko do zmniejszenia spoistości bez istotnych zmian pozostałych wyróżników testu TPA. Elastyczność miększu wszystkich badanych chlebów była podobna (24,4 - 24,6 mm). Mariana-Atena i in. [2006] oraz Man i in. [2012] stwierdzili natomiast, że dodatek ekstraktów powoduje poprawę elastyczności chlebów.

Wnioski

1. Dodatek ekstraktów, a szczególnie BME powodował zmniejszenie liczby opadania, końcowej temperatury kleikowania i maksymalnej lepkości kleiku z mąki pszennej. Stwierdzono tendencję do zmniejszania stałości ciasta oraz wzrostu jego rozmiękczenia.
2. Pod wpływem ekstraktów wszystkich typów zwiększała się wydajność chleba. Ekstrakt CoME powodował zwiększenie, a BME zmniejszenie objętości chleba. Ekstrakty słodowe zmieniały barwę miększu pieczywa. Najciemniejszy miększ uzyskano stosując ekstrakt typu barwiącego CoME.
3. Twardość, gumowatość i żuwalność miększu chleba pszennego wzrastała pod wpływem dodatku ekstraktu CME i CoME, a ekstrakt BME przyczyniał się do zmniejszenia spoistości.
4. Chleby pszenne z 2 lub 4% dodatkiem ekstraktów słodowych typu niediastatycznego (CME), diastatycznego (BME) i barwiącego (CoME) sklasyfikowano w I klasie jakościowej.

Publikacja współfinansowana ze środków Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2014-2018 dla Wrocławskiego Centrum Biotechnologii.

Literatura

- [1] Błażewicz J.: Właściwości brzeczek i koncentratów słodowych otrzymanych z użyciem skrobi ziemniaczanej, ziarna pszenżyta i jęczmienia jako zamienników słoðu. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, 2004, 491, Rozprawy CCXVII, 1-94.
- [2] Błażewicz J., Szwed Ł., Kawa-Rygielska J., Kupisz K.: Słody i surowce niesłodowane w produkcji koncentratów typu spożywczeo. Fragmenta Agronomica, 2013, 30(3), 54-63.
- [3] Jakubczyk T., Haber T. (red.): Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Praca zbiorowa. Wydawnictwo SGGW-AR. Warszawa 1983.
- [4] Karolini-Skaradzińska, Z., Czubaszek, A., Łuczak, D., Frączak, A.: Jakość ciasta i pieczywa pszenneo z dodatkiem serwatki. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 6, 46-57.
- [5] Khalil A.H., Mansour E.H., Dawoud F.M.: Influence of malt on rheological and baking properties of wheat-cassava composite flours. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 2000, 33, 159-164.
- [6] Konopka I., Fornal Ł., Abramczyk D., Rothkaehl J., Rotkiewicz D.: Statistical evaluation of different technological and rheological tests of Polish wheat varieties for bread volume prediction. International Journal of Food Science and Technology, 2004, 39, 11-20.
- [7] Ling Ch., Wenping D., Yin C.: Application of liquid malt extract in bread baking. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association 2009, 7, 18-22.
- [8] Man S., Păucean A., Muste S., Damian M.: Preliminary study of the malt extract addition on the wholemeal bread quality. Bulletin UASVM Agriculture, 2012, 69(2), 505-507.
- [9] Mäkinen O.E., Arendt E.K.: Oat malt as a baking ingredient. A comparative study of the impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties. Journal of Cereal Science, 2012, 56, 747-753.
- [10] Mariana-Atena P., Dogaru D., Mateescu C., Mucete D., Părvulescu L.: Researches regarding the influence of malt extract addition on the bread quality. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture, 2006, 62, 332-337.
- [11] Piesiewicz H.: Chleby słodowe w Anglii. Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2005, 5, 6-8.
- [12] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [13] PN-77/A-74041. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie ilości i jakości glutenu.

- [14] PN-ISO 3093:2010. Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina. Oznaczenie liczby opadania metodą Hagberga- Pertena.
- [15] PN-ISO 5530-1:1999 Mąka pszenna. Fizyczne właściwości ciasta. Oznaczenie wodochłonności i właściwości reologicznych ciasta za pomocą farinografu.
- [16] PN-ISO 7973:2001. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie lepkości mąki. Metoda z zastosowaniem amylografu.
- [17] Qingming Y., Xianhui P., Weibao K., Hong Y., Yidan S., Li Z., Yanan Z., Yuling Y., Lan D., Guoan L.: Antioxidant activities of malt extract from barley (*Hordeum vulgare* L.) toward various oxidative stress *in vitro* and *in vivo*. Food Chemistry, 2010, 118,(1), 84–89.
- [18] Ravi R., Sai Manohar R., Haridas Rao P.: Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. European Food Research and Technology, 2000, 210, 202-208.
- [19] Rozbicki J., Ceglińska A., Gozdowski D., Jakubczak M., Cacak-Pietrzak G., Mądry W., Golba J., Piechociński M., Sobczyński G., Studnicki M., Drzazga T.: Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat. Journal of Cereal Science, 2015, 61, 126-132.
- [20] Tabolicz I.: Zastosowanie słodu w produkcji piekarskiej na Białorusi. Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2005, 1, 8-10.

WPLYW OBRÓBKI TERMICZNEJ NA ZAWARTOŚĆ POLIFENOLI I CZYSTOŚĆ MIKROBIOLOGICZNĄ WYBRANYCH WARZYW Z RODZINY *BRASSICACEAE*

DOROTA DEC, JOLANTA PIEKUT, MAGDALENA JOKA

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu procesu blanszowania i zamrażalniczego przechowywania na ogólną zawartość polifenoli i kształtowanie jakości mikrobiologicznej w warzywach kapustnych - kalafiorach i brokułach. Materiałem badawczym były róże kalafiorów i brokułów poddane blanszowaniu a następnie mrożeniu, okres przechowywania trwał trzy miesiące. Oznaczenia mikrobiologiczne jak i zawartości związków fenolowych wykonano w materiale świeżym, a następnie po miesiącu, dwóch i trzech miesiącach przechowywania. Stwierdzono, że proces blanszowania jak i mrożenia wpływa na zmniejszenie liczby mikroorganizmów i spadek zawartości związków fenolowych.

Słowa kluczowe: związki fenolowe, bakterie, blanszowanie, mrożenie, kalafior, brokuły

Wprowadzenie

Warzywa krzyżowe należą do botanicznej rodziny kapustnych (*Brassicaceae*), stanowią liczną rodzinę zawierającą ok. 3 tys. gatunków w obrębie 350 rodzajów. Najczęściej spożywane warzywa należą do rodzaju *Brassica* takich jak *Brassica oleracea* var. *botrytis*, *capitata*, *gemmifera*, *italica*, *rubra*. Najwyższe spożycie warzyw krzyżowych w przeliczeniu na osobę odnotowano w krajach azjatyckich wynoszące od 40 do 80 g dziennie [Chiu i in., 2003]. W Europie zaś spożycie tych warzyw oscyluje na poziomie 15-30 g dziennie [Steyn i in., 2003]. W warzywach tych występują liczne związki bioaktywne jak: glukozynolany, indole, izitiocyjaniiny, związki przeciwutleniające: witamina C, E, karotenoidy i polifenole. Polifenole w roślinach to wtórne metabolity o bardzo zróżnicowanej strukturze, masie cząsteczkowej i właściwościach fizycznych, biologicznych i chemicznych. Występują we wszystkich organach roślin: kwiatach, owocach, nasionach, liściach, korzeniach [Hermann, 1978]. Związki polifenolowe można podzielić pod względem struktury podstawowego szkieletu węglowego [Ovaskainen i in., 2008], na: kwasy fenolowe (pochodne kwasu benzoowego i cynamonowego), taniny, flawonoidy. Te ostatnie można podzielić na podklasy: flawony (apigenina, hesperydyna, luteolina), flawanony (naringenina, hesperydyna, taksifolina), flawonole (kwercetyna, kemferol, miry cetyna, rutyna), flawanole (katechina, epikatechina, epigalokatechina), izoflawony (daidzeina, genisteina,

glicyteina), antocyjany (cyjanidyna, malwidyna, delfinidyna). Zawartość przeciwutleniaczy w warzywach krzyżowych jest bardzo różna i zależy od wielu czynników m.in. od: gatunku rośliny, dojrzałości i okresu zbioru, warunków uprawy, jakości gleby, warunków przechowywania, transportu oraz obróbki kulinarnej [Krinsky, 2001; Jeffery i in., 2003].

Przetwórstwo owoców i warzyw niezależnie od zastosowanej metody ich obróbki wpływa niekorzystnie na wartość odżywczą uzyskanego produktu. Procesom technologicznym w przetwórstwie warzyw takich jak: mycie, rozdrabnianie, obróbka cieplna i przechowywanie w tym mrożenie towarzyszą procesy utleniania, degradacji lub wypłukiwania związków [Hunter i Fletcher, 2002]. W technologii przetwórstwa surowców spożywczych, zamrażanie należy do najbardziej skutecznych metod zachowania składników odżywczych warzyw, pozwala również na zachowanie wysokiej jakości sensorycznej wyjściowego surowca. Wysoka temperatura podczas gotowania w wodzie może prowadzić do niekorzystnych zmiany w składzie chemicznym, które zachodzą również w trakcie produkcji i przechowywania mrożonych warzyw [Czarnecka-Skubina, 2002]. Większość warzyw mrożonych przemysłowo wymaga poddaniu procesowi blanszowania, jego celem jest zachowanie naturalnej barwy, poprawa cech sensorycznych oraz rozluźnienie struktury tkankowej surowca jak również zabicie bytujących mikroorganizmów. Proces ten zatrzymuje reakcje enzymatyczne, które zachodzą w komórkach roślinnych. W surowcu nie poddanemu blanszowaniu, enzymy mogą wykazywać aktywność podczas przechowywania w stanie zamrożonym i mogą prowadzić do jego zmian sensorycznych [Barbosa-Cánovas i in., 2005; Goncalves i in., 2007].

Celem pracy było określenie wpływu blanszowania i mrożenia na ogólną zawartość polifenoli i ilość kolonii bakterii w wybranych warzywach kapustnych (kalafiorach i brokułach).

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były trzy kalafiorzy i trzy brokuły dostępne na rynku woj. podlaskiego. Badania mikrobiologiczne zostały wykonane zgodnie z normą PN-EN ISO 4833:2004 +Ap1:2005. Posiewy wykonywano z materiału świeżego i mrożonego poddanemu procesowi blanszowania i nieblanszowanemu, przechowywanego przez okres 1, 2, 3 miesięcy w trzech powtórzeniach na podłożu z agarem odżywczym. Inkubacja bakterii przebiegała w cieplarni w temperaturze 25°C, odczyt dokonywano po 96 h.

W kalafiorach i brokułach oznaczono ogólną zawartość polifenoli w materiale świeżym i mrożonym (nieblanszowanym i blanszowanym). Kalafiorzy i brokuły były dzielone na małe róże o średnicy 2 cm. Proces mrożenia warzyw obejmował blanszowanie w wodzie w temp. 96-98°C przez 3 minuty, schładzanie w zimnej wodzie, osuszanie oraz pakowanie w opakowania z folii polietylenowej. Próby mrożono metodą mrożenia wolnego - w zamrażarce w temp. -18°C,

i przechowywano przez okres 3 miesięcy. Brokuły świeże, blanszowane i po przechowywaniu chłodniczym były liofilizowane, a następnie homogenizowane.

Ogólna zawartość polifenoli

Materiał roślinny odważono po ok. 2 g ($\pm 0,0001$ g) i ekstrahowano 20 cm³ roztworu metanolu o stężeniu 70% v/v, czas ekstrakcji wynosił 24 h w temp. pokojowej. Po zakończeniu ekstrakcji wyciągi przesączono. Suchą masę oznaczono metodą wagową wg PN-90/A-75101/03. Ogólną zawartość polifenoli w ekstraktach oznaczano przy użyciu metody Folina-Ciocalteu (F-C).

Wykonanie oznaczenia

Z przesączonego ekstraktu pobrano 0,25 cm³ roztworu, dodano 1,25 cm³ odczynnika Folin-Ciocalteu i wymieszano. Następnie dodano 1 cm³ roztworu Na₂CO₃, wymieszano i inkubowano w temperaturze pokojowej przez 2 godziny. Po tym czasie wykonano pomiar absorbancji przy długości fali 760 nm. Zawartość związków fenolowych wyrażono jako równoważnik kwasu galusowego (GAE) w mg/g s.m. [Djeridane i in. 2006]. Analizy wykonano w trzech powtórzeniach.

Statystycznie obliczono wpływ obróbki termicznej i czasu przechowywania na całkowitą zawartość związków fenolowych jak również na ogólną ilość kolonii bakterii w kalafiorach i brokułach. Wyznaczono współczynniki korelacji przy założeniu istotności statystycznych $p < 0,05$ przy użyciu programu Statistica 12.5.

Wyniki i dyskusja

W pierwszym etapie badań określono ogólną liczbę kolonii bakterii wyrosłych na podłożu z agarem odżywczym. Po przeanalizowaniu wyników stwierdzono, że liczba wyrosłych kolonii bakterii w poszczególnych próbach znacznie się od siebie różniła (Tab. 1). Średnia ilość kolonii w kalafiorach świeżych wynosiła $79 \text{ jtk} \cdot 10^{-5} \cdot \text{g}^{-1}$ a w brokułach świeżych $67 \text{ jtk} \cdot 10^{-5} \cdot \text{g}^{-1}$. Zarówno w materiale roślinnym mrożonym blanszowanym jak i nieblanszowanym ilość kolonii bakterii uległa zmniejszeniu. Okazało się, że sam proces zamrażania doprowadził do zmniejszenia ilości komórek bakterii w badanym materiale roślinnym. Zaobserwowano istotną różnicę w ilości kolonii bakterii w materiale blanszowanym i nieblanszowanym po miesiącu i po 2 miesiącach przechowywania. Po 3 miesiącach przechowywania tak widocznej różnicy już nie było w kalafiorach i brokułach blanszowanych i ilość kolonii była na podobnym poziomie ($5\text{--}6 \text{ jtk} \cdot 10^{-5} \cdot \text{g}^{-1}$). Proces blanszowania, który ma na celu m.in. niszczenie mikroorganizmów nie był skuteczny i niewielka ich ilość wyrosła w następnych posiewach. Z badań Steinki (2012) wynika, że poziom drobnoustrojów w materiale nieblanszowanym jest wyższy w zakresie ogólnej liczby drobnoustrojów, bakterii z grupy coli i drożdży. Brak tej obróbki termicznej przed zamrażaniem nie wpływał jedynie na wielkość populacji grzybów strzępkowych, która była porównywalna z poziomem obserwowanym dla warzyw blanszowanych. Z doniesień Splitsoessera i in. (1980) wynika, że blanszowanie zmniejsza poziom mikroflory o 3 do 3,6 log jtk/g. Mikroflora pakowanych warzyw według tych

autorów nie powinna przekraczać poziomu 4,72–5,94 log jtk/g. W obliczeniach statystycznych nie wykazano korelacji pomiędzy obróbką termiczną, czasem przechowywania a ogólną ilością kolonii bakterii w większości przypadków. Istotnie wyższa była ilość kolonii bakterii w kalafiorze świeżym w stosunku do kalafiora blanszowanego mrożonego po 3 miesiącach przechowywania ($r=0,875$).

Tab. 1. Średnia ilość kolonii bakterii w materiale świeżym i po procesach termicznych wyrażona w [jtk $10^{-5} \cdot g^{-1}$]

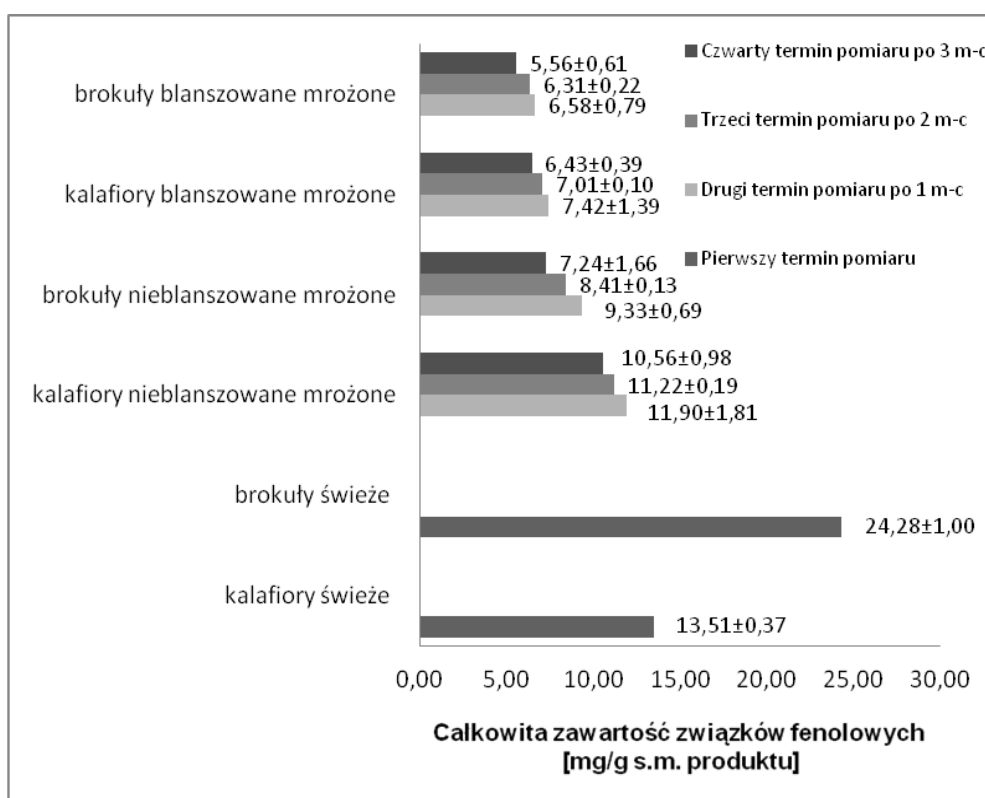
Rodzaj warzywa	Bakterie [jtk $ \cdot 10^{-5} \cdot g^{-1}$]			
	Pierwszy termin pomiaru	Drugi termin pomiaru po 1 m-c	Trzeci termin pomiaru po 2 m-c	Czwarty termin pomiaru po 3 m-c
kalafior świeży	79,00			
brokuł świeży	67,00			
kalafior nieblanszowany mrożony		23,33	14,67	4,67
brokuł nieblanszowany mrożony		28,67	15,67	9,67
kalafior blanszowany mrożony		13,00	9,00	6,00
brokuł blanszowany mrożony		12,67	8,67	5,00

Źródło: Opracowanie własne.

Drugim etapem badań było oznaczenie zawartości związków fenolowych ogółem w różach kalafiorów i brokułów świeżych i mrożonych (blanszowanych i nieblanszowanych) (Rys. 1). Największą zawartość polifenoli odnotowano w brokułach świeżych (24,28 mg/g s.m.), w kalafiorze świeżym była niższa i wynosiła średnio 13,51 mg/g s.m. Blanszowanie w wodzie jak i mrożenie kalafiorów i brokułów wpłynęło na spadek zawartości związków fenolowych. W warzywach mrożonych nieblanszowanych zawartość polifenoli w zależności od długości okresu przechowywania znacznie się zmniejszyła. Największy spadek zawartości tych związków zaobserwowano w brokułach mrożonych nieblanszowanych i był on porównywalny z blanszowanymi. Podobne spostrzeżenia odnotowali Kosson i in. (2013) blanszowanie brokułów w wodzie powodowało ubytki flawonoidów wynoszące od 21% do 75%, zależnie od odmiany brokułów i typu flawonoidu. W końcowym produkcie po przechowaniu chłodniczym stwierdzono 9,5–46,5% początkowej zawartości kwercetyny oraz 13,1–35,7% kemferolu.

W badaniach wykazano, że po miesiącu przechowywania w stanie zamrożonym zawartość polifenoli w brokułach nieblanszowanych spadła o ok. 55%, a w kalafiorze o ok. 1–2%.

Ogólna zawartość związków fenolowych była na podobnym poziomie w kalafiorach i brokułach blanszowanych mrożonych po miesiącu przechowywania (6,58-7,42 mg/g s.m.). Ich zawartość nieznacznie spadała po dwóch (6,31-7,01mg s.m.) i po trzech miesiącach przechowywania (5,56-6,43 mg/g s.m.).



Rys. 1. Średnie zawartości związków fenolowych w kalafiorach i brokułach przed i po procesie obróbki termicznej wyrażonych jako średnia ekwiwalentu kwasu galusowego [mg/g s.m.]

Źródło: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy statystycznej wynika, iż obróbka termiczna i czas przechowywania warzyw w niskiej temperaturze wpłynęły istotnie na ogólną zawartość polifenoli (Tab. 2.). Badania nie wykazały korelacji pomiędzy zawartością związków fenolowych w kalafiorach świeżych i mrożonych, jak również w brokułach blanszowanych mrożonych po miesiącu przechowywania.

Tab. 2. Współczynnik korelacji pomiędzy obróbką termiczną, czasem przechowywania a ogólną zawartością związków fenolowych

	warzywa świeże	warzywa mrożone nieblanszowane (I termin pomiaru)	warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 1 m-c)	warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 2 m-c)	warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 2 m-c)	warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 3 m-c)	warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 3 m-c)
Kalafiory							
warzywa świeże	1,000	-0,068	0,036	-0,151	0,229	0,765	0,017
warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 1 m-c)	-0,068	1,000	0,995*	0,996*	0,956*	0,590	0,996*
warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 2 m-c)	-0,151	0,996*	0,982*	1,000	0,928*	0,521	0,986*
warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 3 m-c)	0,765	0,590	0,671	0,521	0,802*	1,000	0,657
warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 1 m-c)	0,036	0,995*	1,000	0,982*	0,981*	0,671	0,999*
warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 2 m-c)	0,229	0,956*	0,981*	0,928*	1,000	0,802*	0,977*
warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 3 m-c)	0,017	0,996*	0,999*	0,986*	0,977*	0,657	1,000
Brokuły							
warzywa świeże	1,000	-0,721	0,126	-0,982*	-0,691	-0,984*	-0,993*
warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 1 m-c)	-0,721	1,000	0,596	0,840*	0,999*	0,833*	0,634
warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 2 m-c)	-0,982*	0,840*	0,065	1,000	0,816*	0,999*	0,952*
warzywa nieblanszowane mrożone (pomiar po 3 m-c)	-0,984*	0,833*	0,053	0,999*	0,808*	1,000	0,956*
warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 1 m-c)	0,126	0,596	1,000	0,065	0,631	0,053	-0,243
warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 2 m-c)	-0,691	0,999*	0,631	0,816*	1,000	0,808*	0,599
warzywa blanszowane mrożone (pomiar po 3 m-c)	-0,993*	0,634	-0,243	0,952*	0,599	0,956*	1,000

*istotne współczynniki korelacji dla $p < 0,05$

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski

1. Na zmienność mikroflory w kalafiorach i brokułach istotny wpływ wywierał sposób obróbki termicznej oraz czas przechowywania.
2. Znaczny spadek ogólnej zawartości związków fenolowych zaobserwowano po procesie blanszowania zarówno w kalafiorach i brokułach.
3. Proces mrożenia warzyw nieblanszowanych wpłynął znacząco na obniżenie polifenoli w brokułach (ok. 55%), zaś w kalafiorze obniżył ich zawartość tylko o ok. 1-2%.
4. Z przeprowadzonej analizy korelacji wynika, iż obróbka termiczna i czas przechowywania warzyw w niskiej temperaturze wpłynęły istotnie na ogólną zawartość związków fenolowych.

Praca wykonana w ramach pracy statutowej Zakładu Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka - S/WBiŚ/2/15

Literatura

- [1] Barbosa-Cánovas G.V., Altunakar B., Mejía-Lorío D.J.: Freezing of fruits and vegetables An agribusiness alternative for rural and semi-rural areas. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 2005, 158, 36.
- [2] Chiu B.C.H., Ji B.T., Daj Q., Gridley G., McLaughlin J.K., Gao Y.T., Fraumeni J.F., Chow W.H.: Dietary Factors and Risk of Colon Cancer in Shanghai, China. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 2003, 12, 201-208.
- [3] Czarniecka-Skubina E.: Effect of the material form, storage and cooking methods on the quality of Brussels sprouts. *Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences*, 2002, 11/52: 75-82.
- [4] Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N.: Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 2006, 97, 654-660.
- [5] Goncalves E.M., Pinheiro J., Abreu M., Brandão T.R.S., Silva C.L.M.: Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. *Journal of Food Engineering*, 2007, 81 (4), 693-701.
- [6] Hunter K.J., Fletcher J.M.: The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2002, 3: 399-406.
- [7] Jeffery E.H., Brown A.F., Kurilich A.C., Keck A.S., Matusheski N., Klein B.P., Juvik J.A.: Variation in content of bioactive components in broccoli. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2003, 16, 323-330.

- [8] Kosson R., Tuszyńska M., Szymczak P.: Wpływ terminu zbioru, blanszowania i mrożenia na zawartość flawonoidów w brokułach. Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa, 2013, 21: 49-55.
- [9] Krinsky N.I.: Carotenoids as antioxidants. Nutrition, 2001, 17, 815-817.
- [10] Ovaskainen M.L., Törrönen R., Koponen J.M., Sinkko H., Hellström J., Reinivuo H., Mattila P.: Dietary Intake and Major Food Sources of Polyphenols in Finnish Adults. Journal of Nutrition, 2008, 138: 562-566.
- [11] PN-EN ISO 4833:2004- Mikrobiologia żywności i pasz - Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów.
- [12] Singleton V.L., Rossi, J.A. Jr.: Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16, 144-158.
- [13] Splittsoesser D.F., Queale D.T., Bowers J.L., Wilkinson M.: Coliform kontent of frozen blanch vegetables packed in United States. Journal Food Safety, 1980, 2, s. 1-11.
- [14] Steinka I.: Higieniczne i ekonomiczne aspekty produkcji wybranych mrożonek warzywnych. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 2012, 72.
- [15] Steyn N.P., Nel J.H., Casey A.: Secondary data analyses of dietary surveys undertaken in South Africa to determine usual food consumption of the population. Public Nealth Nutrition, 2003, 6, 631-644.

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE I TEKSTURALNE MIMETYKÓW NAPOJÓW FERMENTOWANYCH OTRZYMANYCH NA BAZIE INULINY I SERWATKI

PAWEŁ GLIBOWSKI, BARTOSZ SOŁOWIEJ, MACIEJ NASTAJ,
MAGDALENA RAJCA

Streszczenie

Celem pracy było otrzymanie produktów o właściwościach reologicznych oraz kwasowości napojów fermentowanych otrzymanych na bazie mleka. Za właściwości teksturotwórcze tak powstałych mimetyków napojów fermentowanych miała odpowiadać inulina o wysokim stopniu polimeryzacji o stężeniu 13 i 15%. Inulinę rozpuszczono w odtworzonej słodkiej serwatce. Spasteryzowane roztwory zaszczipiano szczepionkami zawierającymi czyste bakterie jogurtowe (Yo-Flex), bakterie jogurtowe z dodatkiem bakterii probiotycznych (ABT-1) oraz bakterie maślarskie (CHN-1). Po fermentacji, otrzymane mimetyki poddawano analizie tekstury i reologicznej oraz oznaczano kwasowość. Uzyskane wyniki odniesiono do handlowych jogurtów naturalnych oraz śmietan. Zastosowane stężenie serwatki (6,25%) pozwoliło uzyskać kwasowość większości mimetyków bliską tej, która występuje w produktach komercyjnych. Powstałe mimetyki charakteryzowały się większą zwięzłością, co przekładało się na wyższe wartości twardości, adhezyjności czy kohezji w stosunku do jogurtów czy śmietan dostępnych w handlu. Rodzaj stosowanej szczepionki nie wpływał jednoznacznie zarówno na oznaczone wartości kwasowości jak i zbadane parametry tekstury oraz właściwości reologiczne. Mimetyki z 15% zawartością inuliny wykazywały się bardziej zwartą strukturą niż ich 13% odpowiedniki. Lepkość pozorna mimetyków była wyraźnie mniejsza niż produktów komercyjnych, co wynikało prawdopodobnie z krystalicznego charakteru struktury mimetyków. Mimetyki otrzymane z prebiotycznej substancji jaką jest inulina z dodatkiem bakterii fermentacji mlekowej mogą posłużyć jako baza nadziei w innowacyjnych wyrobach cukierniczych.

Słowa kluczowe: inulina, serwatka, tekstura, reologia, napoje fermentowane, mimetyk

Wprowadzenie

Mleczne napoje fermentowane są powszechnie dostępne w sprzedaży. Powodem tego są atrakcyjne cechy organoleptyczne i walory zdrowotne tych produktów. Najbardziej znanym napojem fermentowanym jest jogurt. Zgodnie

z definicją FAO/WHO jogurt jest fermentowanym produktem mlecznym, uzyskanym w wyniku ukwaszenia mleka bakteriami jogurtowymi tj. *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* [FAO/WHO, 2003]. Jego popularność wynika głównie z właściwości, które korzystnie wpływają na zdrowie człowieka m.in. redukując poziom cholesterolu we krwi czy ułatwiając trawienie [Lourens-Hattingh, 2001].

Konkurencja na rynku, jak również wzrost popularności produktów o ograniczonej zawartości tłuszczu, zmuszają producentów do tworzenia nowych asortymentów o jeszcze lepszych właściwościach pod względem tekstury, aromatu i smaku. Konsumenci w trosce o swoje zdrowie coraz częściej zaczynają sięgać po produkty o obniżonej kaloryczności. Wśród składników, które wpływają na ograniczenie zawartości tłuszczu w produktach nie powodując przy tym pogorszenia ich smaku i tekstury należy wymienić inulinę i białka serwatkowe [Glibowski, 2004, Glibowski, 2014].

Inulina jest roślinnym materiałem zapasowym, który występuje w codziennie spożywanych produktach roślinnych takich jak pieczywo pszenne, cebula, czosnek, pory czy banany. Węglowodan ten składa się zwykle z jednej reszty glukozy oraz od dwóch do sześćdziesięciu reszt fruktozowych połączonych wiązaniem β -(2,1) [Ronkart i in., 2006].

Inulina jako zamiennik tłuszczu znalazła zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu spożywczego, a dzięki właściwościom żelującym wpływa na poprawę konsystencji i smaku wyrobów. W wielu badaniach wykazano, że dodatek tego węglowodanu do jogurtów pozwolił na otrzymanie niskotłuszczowych produktów dających w ustach odczucie pełności i tłustości [Skowronek i Fiedurek, 2003].

Drugim ważnym składnikiem dodawanym do produktów są białka serwatkowe. Białka te wykazują wiele właściwości strukturotwórczych, do których m.in. należą: tworzenie żeli, wiązanie wody, zwiększenie lepkości oraz właściwości pianotwórcze i emulgujące. Przede wszystkim jednak dzięki zawartości siarkowych aminokwasów – lizyny i tryptofanu, białka te mają wysoką wartość odżywczą. Wymienione wyżej właściwości wpłynęły głównie na zastosowanie białek serwatkowych przy produkcji wielu produktów takich jak: jogurty, sery, śmietana, kielbasa czy wyroby piekarnicze [Dzwolak i in., 2006]. Aplikacja tych białek w produkcji jogurtów ma znaczenie w kształtowaniu ich tekstury, aromatu i wartości żywieniowej [Glibowski, 2004].

Założono, że inulina jako substancja teksturotwórcza oraz serwatka w proszku będąca źródłem laktozy dla bakterii fermentacji mlekowej pozwoli na otrzymanie produktów o właściwościach reologicznych oraz składzie mikrobiologicznym typowym dla napojów fermentowanych otrzymanych na bazie mleka. Ponieważ jednak takie produkty nie spełniają definicji poszczególnych mleczarskich produktów fermentowanych zastosowano dla nich nazwę mimetyki napojów fermentowanych. W pracy podjęto również próbę określenia wpływu stężenia inuliny na właściwości reologiczne powstałych produktów.

Materiał i metody badań

Materiały

Do otrzymywania mimetyków napojów fermentowanych użyto serwatkę w proszku SICALAC® (Euroserum, Port-sur-Saône, Francja), inulinę Frutafit®Tex! o stopniu polimeryzacji ≥ 23 (Sensus Operations C.V., Roosendaal, Holandia), szczepionki liofilizowane – jogurtową zawierającą *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Yo-Flex); jogurtową probiotyczną zawierającą *Lactobacillus acidophilus* La-5, *Bifidobacterium* BB-12 i *Streptococcus thermophilus* (ABT1); mezofilną zawierającą *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* i *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* (CHN19) (Chr. Hansen, Polska). Do badań użyto także śmietany 18 % oraz dwóch jogurtów naturalnych kupionych w lokalnym sklepie.

Otrzymywanie mimetyków napojów fermentowanych

Otrzymano dwie wersje mimetyków napojów fermentowanych z różną zawartością inuliny (13% i 15%). W tym celu sporządzono 6,25% wodne roztwory serwatki w proszku. Roztwory przygotowywano na bazie wody destylowanej w temperaturze pokojowej przy użyciu mieszadła magnetycznego. Po rozpuszczeniu serwatki dodano inulinę i dalej mieszano przez 1 minutę. Tak przygotowane roztwory przykryto folią aluminiową w celu zapobieżenia odparowaniu i pasteryzowano w łaźni wodnej w temperaturze 70°C przez 10 minut. Po tym czasie roztwory schłodzono do temperatury poniżej 45°C (w przypadku szczepów mezofilnych do 20°C). Następnie dodano szczepionki (ABT1, Yo Flex, CHN19) w ilości 0,015% i mieszano przy użyciu mieszadła magnetycznego w celu ich rozpuszczenia. Tak przygotowane układy rozlewano do zakręcanych pojemniczków o objętości 50 cm³ i średnicy 35 mm i wstawiono do szafy termostatycznej. W szafie termostatycznej mimetyki z dodatkiem termofilnych szczepów najpierw ogrzano do temperatury 45°C przez 5 h, a następnie schładzano je do temperatury 5°C. W przypadku mimetyków z dodatkiem mezofilnego szczepu produkt przechowywano w temperaturze 21°C przez 24 h.

Badania tekstury

Teksturę analizowano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Microsystems, Goalding, England) przez dwa sekwencyjne zanurzenia na głębokość 15 mm wypełnionego walca o średnicy 1 cm z szybkością 1 mm/s przedzielone fazą relaksacyjną trwającą 10 s. Otrzymane wyniki zostały zanalizowane komputerowo dając wyniki twardości, adhezyjność i kohezyjność. Twardość zdefiniowano jako siłę (N) niezbędną do pierwszego zanurzenia walca w emulsję. Adhezyjność wyrażano jako iloczyn siły niezbędnej do wyciągnięcia walca z emulsji i czasu tego wyciągnięcia (N·s). Kohezyjność wyznaczano jako stosunek pracy podczas kompresji próbki w cyklu drugim do pierwszego.

Wartości kohezyności zawierają się w przedziale $0 \div 1$. We wglębnej analizie TPA „1” oznacza, że następuje całkowita odbudowa struktury badanej próbki (model - ciecz), „0” natomiast oznacza, że próbka nie powraca do kształtu wyjściowego [Kramek i Glibowski, 2014].

Badania reologiczne

W badaniach reologicznych pomiarów dokonywano przy użyciu reometru oscylacyjnego RS 300 (Haake, Karlsruhe, Niemcy) w układzie współosiowym płytka - płytka. Wszystkich badań dokonywano w temperaturze 20°C, którą zapewniała cyrkulacyjna łaźnia wodna Haake DC10 (Haake, Karlsruhe, Niemcy). Wyniki rejestrowano komputerowo wykorzystując program RheoWin Pro 2.91 (Haake, Karlsruhe, Niemcy). Lepkość pozorną badano przy prędkości 10 (s^{-1}) przez 120 sekund. Dla celów analitycznych z otrzymanych wyników wyliczano średnią z 90., 105. i 120. s pomiaru [Kramek i Glibowski, 2014].

Pomiar pH

Pomiaru pH dokonano przy pomocy pH-metru CP - 401 (ELMETRON, Zabrze, Polska).

Analiza statystyczna

Badania przeprowadzono w trzech seriach, po sześć powtórzeń każdego badanego mimetyku. Wartość odchyień standardowych oraz istotność różnic między wynikami określono używając testu rozstępu Studenta-Newmana-Keulsa ($p \leq 0,05$) przy użyciu programu SAS Enterprise 3.0.3.414. (SAS Institute Inc., USA).

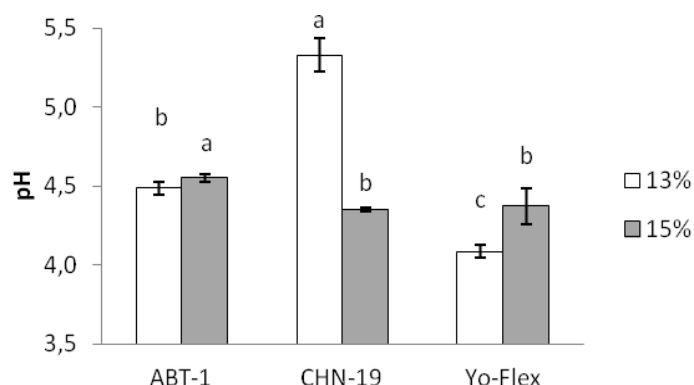
Wyniki i dyskusja

Kwasowość otrzymanych mimetyków (Rys. 1) była zbliżona do kwasowości produktów komercyjnych (Tab. 1), co może sugerować, że zastosowane stężenie serwatki było właściwe. Obróbka statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy poszczególnymi mimetykami z użyciem różnej mikroflory, nie dostrzeżono jednak jednoznacznych trendów w zależności od stężenia inuliny.

Tab. 1. Wybrane parametry produktów komercyjnych

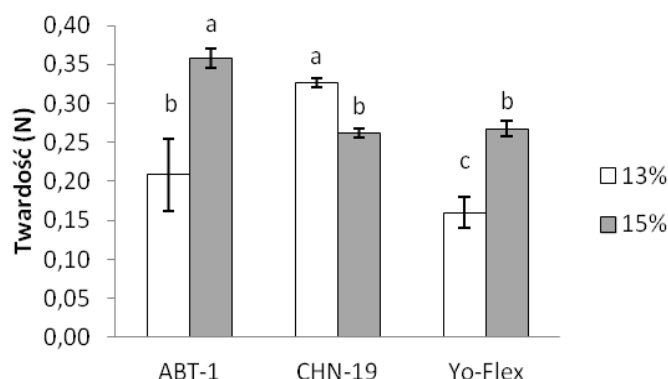
	Jogurt D	Jogurt Z	Śmietana jogurtowa 9%	Śmietana 18%
pH	4,31	4,25	4,45	4,06
Lepkość (Pa·s)	0,94	1,21	2,67	2,72
Twardość (N)	0,015	0,021	0,040	0,019
Adhezyjność (N·s)	-0,103	-0,014	-0,393	-0,264
Kohezyność	0,704	0,732	0,550	0,586

W badaniach Glibowskiego i Rybak [2015] nad jogurtami, w których zastąpiono jedną czwartą suchej masy różnymi rodzajami inuliny nie dostrzeżono dużych różnic w stosunku do jogurtów na bazie proszków mlecznych. Podobne wyniki uzyskano w przypadku kefirów [Glibowski i Kowalska, 2012]. Zastosowana mikroflora prawdopodobnie wykorzystała przede wszystkim jako źródło węgla laktozę, jako cukier łatwiejszy w hydrolizie. Inulina użyta do otrzymania badanych mimetyków miała wysoki stopień polimeryzacji, co dodatkowo utrudniało wykorzystanie jej jako źródła węgla.



Rys. 1. Kwasowość potencjometryczna (pH) mimetyków napojów fermentowanych z dodatkiem 13 i 15% inuliny (a-b – wartości średnie oznaczone różnymi literami dla tego samego stężenia inuliny różnią się w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,05$)

Twardość badanych mimetyków przedstawiono na Rys. 1. Niższe z zastosowanych stężeń inuliny jest niewystarczające do wytworzenia trwałej struktury żelowej wg Glibowskiego i Waśko [2008] minimalne stężenie inuliny, które pozwala na powstanie żelu to 15%. W tym jednak przypadku do wytworzenia właściwej struktury przyczyniła się prawdopodobnie obecność serwatki w proszku zwiększająca istotnie zawartość suchej masy, co mogło przełożyć się na uzyskane parametry tekstury. I choć część laktozy stanowiącej główny składnik serwatki uległa przekształceniu do kwasu mlekowego, to duża część laktozy, prawdopodobnie nie uległa fermentacji. Oprócz laktozy, kilkanaście procent suchej masy serwatki stanowią białka serwatkowe, które mają zdolność do żelowania. Choć ich udział w badanych mimetykach nie przekraczał prawdopodobnie jednego procenta, to mógł wpłynąć na badane parametry. Jak podaje Glibowski [2009] już 1% obecność białek serwatkowych wpływa na właściwości 20% żelu inulinowego. W przypadku próbek zawierających 13% inuliny najwyższą wartością twardości charakteryzował się mimetyk z dodatkiem kultury typowo maślarskiej, używanej również do produkcji śmietany [Usajewicz, 2008].



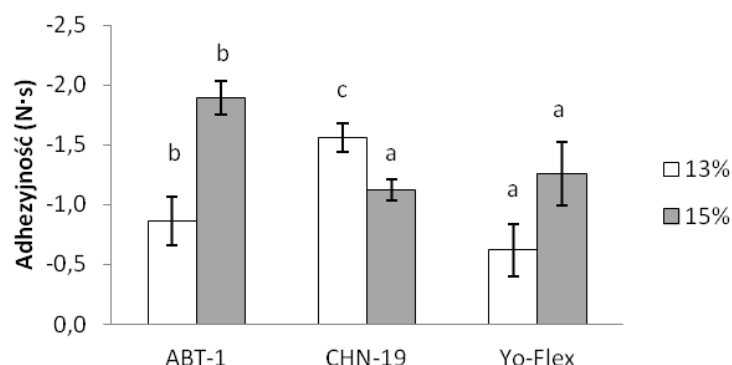
Rys. 2. Twardość mimetyków napojów fermentowanych z dodatkiem 13 i 15% inuliny (a-c - wartości średnie oznaczone różnymi literami dla tego samego stężenia inuliny różnią się w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,05$)

W przypadku próbek zawierających 15 % inuliny najwyższe wartości twardości wykazywały próbki z dodatkiem bakterii jogurtowych wzbogaconych o szczepy probiotyczne. Inulina tworzy żele o charakterze pasty [Glibowski i Waśko, 2008], co miało wpływ na uzyskane wartości twardości. Dla porównania, wartości twardości uzyskane dla produktów komercyjnych są kilkukrotnie mniejsze (Tab. 1). Najbardziej zbliżone wartości twardości do tych, które uzyskano dla produktów komercyjnych wykazywały próbki z 13 % zawartością inuliny.

Adhezyjność (przyległość) jest bardzo ważną cechą charakteryzującą produkty spożywcze przeznaczone do bezpośredniej konsumpcji. To ten parametr pozwala określić, czy produkt będzie przywierał do podniebienia, lub czy nie będzie przywierać do noża podczas rozsmarowywania [Szcześniak, 1963]. Największą przyległością spośród badanych mimetyków charakteryzował się ten z dodatkiem szczepu ABT-1 z 15 % zawartością inuliny (Rys. 3).

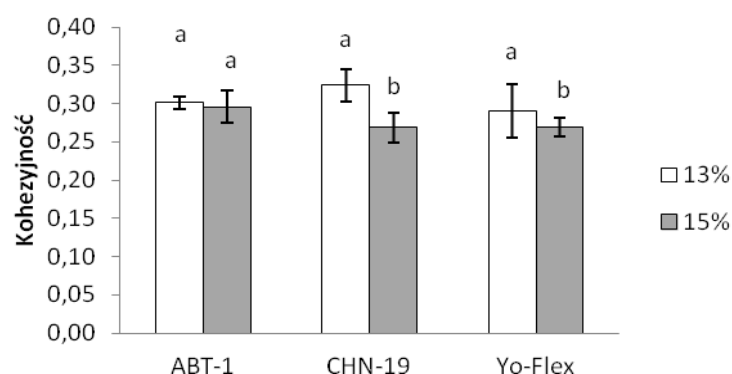
Niższe wartości adhezyjności wykazywały z reguły próbki zawierające 13% inuliny, z wyjątkiem zaszczipionych kulturą maślarską (CHN-19). Komercyjne produkty, podobnie jak w przypadku twardości, wykazywały znacznie mniejsze wartości przyległości (Tab. 1). Różnice te wynikają głównie z charakteru żelu jaki tworzą te różne produkty. Mimetyki na bazie inuliny wykazują strukturę o charakterze krystalicznym [Glibowski i Pikus, 2010].

Podczas instrumentalnej oceny adhezyjności trzpień teksturometru wysuwany jest z próbki po wcześniejszym zanurzeniu. W przypadku żeli inulinowych wykazano wysokie wartości adhezyjności wynikające z dużej siły tarcia spowodowanej obecnością skrzystalizowanej inuliny [Chiavaro i in., 2007, Glibowski i in., 2011].



Rys. 3. Adhezyjność mimetyków napojów fermentowanych z dodatkiem 13 i 15% inuliny (a-c – wartości średnie oznaczone różnymi literami dla tego samego stężenia inuliny różnią się w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,05$)

Kohezyjność (spoistość) badanych mimetyków przedstawiono na Rys. 4. W przypadku spoistości nie stwierdzono dużych różnic pomiędzy próbkami. Nieistotne statystycznie różnice wykazano dla próbek zawierających 13 % inuliny ($p \leq 0,05$), zaś w przypadku próbek z 15 % obecnością inuliny istotnie większą różnicę wykazano jedynie dla próbek z dodatkiem szczepionki ABT-1.

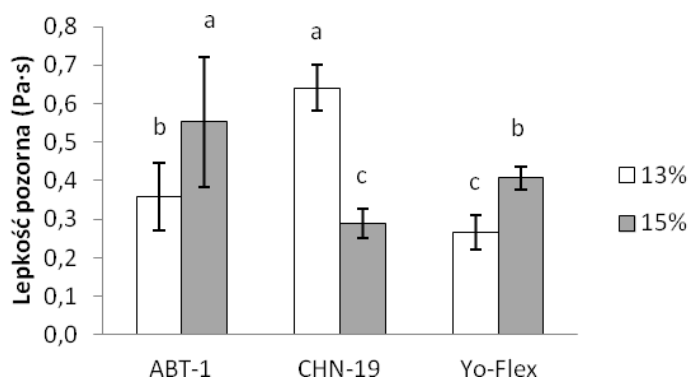


Rys. 4. Kohezyjność mimetyków napojów fermentowanych z dodatkiem 13 i 15% inuliny (a-c – wartości średnie oznaczone różnymi literami dla tego samego stężenia inuliny różnią się w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,05$)

Stosunkowo niskie wartości spoistości w przypadku wglębnej analizy TPA świadczą o nieodbudowywaniu struktury po wyjściu trzpienia z analizowanego materiału (Glibowski i in., 2008). Dla porównania fermentowane produkty komercyjne wykazywały się kohezyjnością prawie dwukrotnie większą (Tab. 1). Mniejsza zwięzłość, mniejsze żelowanie tych produktów sprawiła, że wglębenie powstałe po trzpieniu analizatora tekstury zostało wypełnione przez materiał próbki. Konsekwencją tego było uzyskanie stosunkowo wysokich wartości siły

podczas ponownego wchodzenia trzpienia w próbkę. W przypadku mimetyków, ta odbudowa nie następowała tak szybko. Brak odbudowy struktury po wyjściu trzpienia z próbki oznacza, że powstała struktura była dość zwarta, o czym wcześniej świadczyły wyniki twardości czy adhezyjności. W tym przypadku ponowne wejście trzpienia w próbkę, w której pozostały jeszcze widoczne ślady po pierwszym wynurzeniu próbki nie wymagała dużych nakładów sił, stąd niskie wartości kohezji. Interpretacja badanych parametrów tekstury zgodna jest z dokonaną oceną wizualną próbek (dane nie zamieszczone).

Oprócz analizy wybranych cech tekstury dokonano pomiarów lepkości pozornej (Rys. 5). Uzyskane wartości zbieżne są z wynikami analizy tekstury. Większe wartości lepkości wykazano dla próbek zawierających 15 % inuliny za wyjątkiem tych z dodatkiem kultury maślarskiej. Jednak w przeciwieństwie do produktów komercyjnych lepkość pozorna badanych mimetyków była znacznie mniejsza (Tab. 1). Wynika to z różnic w strukturze tych materiałów. Żel powstały na bazie białek mleka, głównie kazeiny, to trójwymiarowa struktura stabilizowana szeregiem wiązań i interakcji zarówno między białkami mleka jak i białkami oraz tłuszczem. Zauważalne jest to wyraźnie w przypadku śmietan, w których obecność tłuszczu mlecznego wyraźnie zwiększa lepkość (Tab. 1). Struktura mimetyków oparta jest na żelu inulinowym, który tworzą powiązane ze sobą kRysztale połączone stosunkowo słabymi wiązaniami wodorowymi [Andre i in., 1996]. Siły ścinające występujące podczas pomiaru lepkości pozornej spowodowały zniszczenie struktury i w konsekwencji zarejestrowano niskie wartości lepkości. Wynika to z tiksotropowych właściwości żeli inulinowych [Glibowski i in., 2012].



Rys. 5. Lepkość pozorna mimetyków napojów fermentowanych z dodatkiem 13 i 15% inuliny (a-c – wartości średnie oznaczone różnymi literami dla tego samego stężenia inuliny różnią się w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,05$)

Podsumowując, badane mimetyki z jednej strony wykazywały cechy tekstury świadczące o ich większej zwięzłości w stosunku do ich komercyjnych odpowiedników, z drugiej, po zastosowaniu sił ścinających, zarejestrowane

wartości lepkości są znacznie mniejsze. Analiza kwasowości pokazała, że zastosowany dodatek serwatki w proszku był wystarczający, by osiągnąć poziom typowy dla mlecznych napojów fermentowanych. Ze względu na cenne właściwości żywieniowe inuliny, tego typu mimetyki mogą posłużyć np. jako baza nadziei w innowacyjnych wyrobach cukierniczych. Połączenie prebiotyku jakim jest inulina, oraz bakterii fermentacji mlekowej ze szczególnym uwzględnieniem bakterii probiotycznych (ABT-1) pozwala na stworzenie produktu synbiotycznego.

Wnioski

1. Inulina o odpowiednim stężeniu jest w stanie wytworzyć strukturę mimetyku napoju fermentowanego. Mimetyki z 15% zawartością inuliny wykazywały się bardziej zwartą budową niż ich 13% odpowiedniki.
2. Obecność serwatki w proszku pozwoliła na stworzenie produktu o kwasowości takiej jak w fermentowanych napojach mlecznych.
3. Ze względu na właściwości reologiczne i teksturalne mimetyki na bazie inuliny i serwatki w proszku mogą znaleźć zastosowanie jako baza nadziei w innowacyjnych wyrobach cukierniczych.

Literatura

- [1] Andre I., Mazeau K., Tvaroska I., Putaux J.L., Winter W.T., Taravel F.R., Chanzy H.: Molecular and cRystal structures of inulin from electron diffraction data. *Macromolecules*, 1996, 29, 4626-4635.
- [2] Chiavaro E., Vittadini E., Corradini C.: Physicochemical characterization and stability of inulin gels. *European Food Research and Technology*, 2007, 225, 85-94.
- [3] Dzwolak I., Żuraw J., Jankowski P., Przybylski R.: Wpływ systemów stabilizująco-zagęszczających na prozdrowotne właściwości napojów fermentowanych. *Przegląd Mleczarski*, 2006, 9, 10-12.
- [4] FAO/WHO (2003) CODEX Standard for Fermented Milks. Codex Stan 243-2003. Reviewed 2008, 2010.
- [5] Glibowski P.: Zastosowanie białek serwatkowych w przemyśle spożywczym. *Przegląd Mleczarski*, 2004, 9, 10-15.
- [6] Glibowski P.: The rheological properties and structure of inulin-whey protein gels. *International Dairy Journal*, 2009, 19, 443-449.
- [7] Glibowski P., Kordowska-Wiater M., Glibowska A.: Effect of storage on texture and microbiological stability of oil-in-water emulsions with inulin. *Czech Journal of Food Science*, 2011, 29(2), 137-144.
- [8] Glibowski P., Kowalska A.: Rheological, texture and sensory properties of kefir with high performance and native inulin. *Journal of Food Engineering*, 2012, 111, 299-304.
- [9] Glibowski P., Kulik A., Masternak A.: Wpływ temperatury ogrzewania na właściwości reologiczne żeli inulinowych. *Polimery*, 2012, 57(2), 111-116.

- [10] Glibowski P., Pikus S.: Amorphous and cRystal inulin behavior in a water environment. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 83, 635-639.
- [11] Glibowski P., Rybak P.: Rheological and sensory properties of stirred yoghurt with inulin-type fructans. *International Journal of Dairy Technology*, 2015, 68, doi: 10.1111/1471-0307.12231
- [12] Glibowski P., Waśko A.: Effect of thermochemical treatment on the structure of inulin and its gelling properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 2008, 43, 2075-2082.
- [13] Glibowski P., Zarzycki P., Krzepkowska M.: The rheological and instrumental textural properties of selected table fats. *International Journal of Food Properties*, 2008, 11(3), 678-686.
- [14] Kramek K., Glibowski P.: Właściwości teksturalne i reologiczne mieszaniny inuliny i tłuszczu mlecznego stabilizowanej lecytyną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 6 (97), 159-169.
- [15] Lourens-Hatting A., Viljoen B.C.: Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 2001, 11, 1-17.
- [16] Ronkart S., Blecker C., Fournies C., Van Herck J.C., Wouters J., Paquot M.: Determination of physical changes of inulin related to sorption isotherms: An X-ray diffraction, modulated differential scanning calorimetry and environmental scanning electron microscopy study. *Carbohydrate Polymers*, 2006, 63, 210-217.
- [17] Skowronek M., Fiedurek J.: Inulina i inulinazy: właściwości, zastosowania, perspektywy. *Przemysł Spożywczy*, 2003, 3, 18 - 20.
- [18] Szcześniak A.: Classification of textural characteristics, *Journal of Food Science*, 1963, 28, 385-389.
- [19] Usajewicz I.: Mikrobiologia mleka i jego przetworów. W: *Mleczarstwo 1*, pod red. S. Ziajka, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 2008, 152-204.

WPLYW RODZAJU ZAGĘSTNIKA NA WYBRANE CECHY JAKOŚCIOWE JOGURTÓW BRZOSKWINIOWYCH W CZASIE CHŁODNICZEGO PRZECHOWYWANIA

DOROTA KALICKA, AGATA ZNAMIROWSKA, MAŁGORZATA PAWŁOS,
KATARZYNA SZAJNAR

Streszczenie

Jogurt jest obecnie jednym z najbardziej popularnych produktów mleczarskich i jednocześnie najbardziej uniwersalnym posiłkiem. Dodatek do jogurtu naturalnego cukru i owoców stanowił milowy krok w rozwoju tego produktu i zdecydowanie powiększył grono jego zwolenników. Wprowadzenie dodatków smakowych często powoduje destabilizację struktury i powstanie wad konsystencji. Stabilizację skrzepu mlecznych napojów fermentowanych z dodatkami smakowymi i substancjami aromatyzującymi można poprawić poprzez zwiększenie suchej masy mleka lub przez dodatek niemlecznych stabilizatorów i zagęstników.

Celem pracy była ocena wybranych cech jogurtów brzoskwinowych, zagęszczonych mlekiem w proszku, koncentratem białek serwatkowych (WPC80), preparatem zagęszczająco-stabilizującym Sovmlek i ich mieszankami, w czasie 21 dni przechowywania chłodniczego. Rodzaj zagęstnika nie miał wpływu na kwasowość czynną w trakcie przechowywania chłodniczego. Wpłynął natomiast istotnie na kwasowość ogólną jogurtów. Produkty z dodatkiem hydrokoloidów wykazywały niższe wartości tego parametru. Zastosowanie systemu stabilizująco-zagęszczającego Sovmlek do jogurtów spowodowało wyeliminowanie synerezy. W przypadku mlecznych zagęstników najlepszy efekt w ograniczeniu tej wady dało zastosowanie kombinacji proszku mlecznego i koncentratu białek serwatkowych. Jogurt z dodatkiem WPC80 charakteryzował się najgorszymi parametrami tekstury oraz najsłabszą konsystencją. Największą adhezyjność i gumowatość skrzepu oraz najsilniejszą konsystencję wykazał jogurt z preparatem Sovmlek, który uzyskał również najsłabszą akceptację konsumencką. Tradycyjny jogurt zagęszczany za pomocą odtłuszczonego proszku mlecznego był najbardziej akceptowany przez konsumentów.

Słowa kluczowe: jogurt, zagęstniki, stabilizatory, mleko w proszku, białka serwatkowe

Wprowadzenie

Rozszerzenie oferty smakowej i funkcjonalnej mlecznych napojów fermentowanych często wiąże się z zastosowaniem dodatków do żywności lub składników żywności. Dodatek pulp owocowych, warzywnych lub syropów smakowych stanowi wprowadzenie kolejnej fazy do masy mlecznej, co powoduje konieczność stabilizacji, która pełni funkcję łączenia międzyfazowego, minimalizując ryzyko rozdziału zmieszanych frakcji w trakcie okresu przydatności do spożycia produktu. Stabilizację skrzepu mlecznych napojów fermentowanych z dodatkami smakowymi i substancjami aromatyzującymi można poprawić poprzez zwiększenie suchej masy mleka lub przez dodatek niemlecznych stabilizatorów i zagęstników, np. hydrokoloidów [Zaręba i Ziarno, 2014]. Jogurt dobrej jakości powinien charakteryzować się gęstym i gładkim skrzepem, bez wycieku serwatki. W przypadku produktu produkowanego metodą termostatową wystąpienie intensywnej synerozy na powierzchni jogurtu jest kojarzone przez konsumentów z niską jakością, nawet jeśli występuje informacja o naturalności takiego procesu [Amatayakul i in. 2006]. W produkcji mlecznych napojów fermentowanych na jakość i właściwości otrzymanych produktów ma wpływ zastosowanie odpowiedniej kultury starterowej oraz zabiegi technologiczne. Stopień kwasowości oraz zawartość składników suchej masy, decydują bowiem o strukturze, gładkości i stabilności skrzepu jogurtowego. Zwiększenie udziału białek mleka przyczynia się do podwyższenia zwięzłości skrzepu, poprzez zwiększenie upakowania cząstek i ich wodochłonność, co ma zapobiec niekorzystnym zmianom, które mogą wystąpić podczas transportu lub przechowywania produktów. Tradycyjnie stosowało się w tym celu dodatek odtłuszczonego mleka w proszku, w którym białka stanowią średnio 22%. Jego dodatek podnosi jednak znacznie zawartość laktozy w produkcie, co nie jest dobrze postrzegane przez konsumentów, którzy mają problemy z nietolerancją tego cukru. Możliwe jest również częściowe lub całkowite zastąpienie mleka w proszku preparatami białek mleka, np. białkami serwatkowymi. Do produkcji mlecznych napojów fermentowanych istotne jest aby stosowane proszki mleczne były średnio- lub niskodogrzewane, ponieważ im niższy stopień denaturacji białka, tym większa zdolność do wiązania wody i stabilizacji skrzepu. Dodatkowe zalety wykorzystania preparatów białek mleka to minimalizacja posmaku proszku mlecznego w produkcie oraz zwiększenie udziału białka ogółem, bez podnoszenia poziomu laktozy. Białka serwatkowe wykazują często odmienne właściwości funkcjonalne niż proszek mleczny. Koncentrat białek serwatkowych (WPC) produkowany jest metodą ultrafiltracji serwatki, dzięki czemu koncentrują się białka, a zmniejsza się w produkcie zawartość laktozy, soli mineralnych i innych małocząsteczkowych komponentów. W ofercie dostępne są preparaty WPC o zawartości od 34% do 80% białek serwatkowych [Sodini i in., 2005].

W praktyce mleczarskiej coraz częściej ze względu na niższą cenę w stosunku do mleka w proszku czy białek serwatkowych oraz korzystne właściwości

funkcjonalne, w jogurtach owocowych stosowane są żelatyna czy wielocukrowce pochodzenia roślinnego, tj.: agar-agar, karagen, skrobia i jej pochodne, gumy (np. guar, arabska, ksantanowa itp), tragakanta, pektyny, alginiany, i inne [Lal i in., 2006]. Hydrokoloidy polisacharydowe przy rozpuszczeniu w wodzie tworzą roztwory o dużej lepkości, dzięki czemu pełnią rolę zagęszczaczy. Lepkość roztworów rośnie potęgowo w miarę wzrostu stężenia hydrokoloidów, dlatego już przy małych dawkach (0,1-0,5%) poprawiają one wyraźnie reologiczne właściwości żywności. Inną właściwością hydrokoloidów powodującą poprawę konsystencji mlecznych napojów fermentowanych są ich zdolności żelujące oraz stabilizujące kazeinę, dlatego ich zastosowanie umożliwia produkcję jogurtów, o zwartej teksturze, dobrej odporności na synerezę i niższym poziomie składników mlecznych [Michniewicz, 2001; Lal i in., 2006]. Mogą być stosowane jako pojedyncze dodatki lub odpowiednio dobrane mieszanki hydrokoloidów. Dobierając składniki takiej mieszanki należy znać właściwości synergistyczne zastosowanych substancji oraz ich oddziaływanie na składniki mleka, dzięki czemu można osiągnąć odpowiedni efekt technologiczny [Dzwolak i in., 2006].

Celem pracy była ocena wybranych cech jogurtów brzoskwiniowych, zagęszczonych mlekiem w proszku, koncentratem białek serwatkowych (WPC80), preparatem zagęszczająco-stabilizującym Sovmlek i ich mieszankami, w czasie 21 dni przechowywania chłodniczego.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były jogurty brzoskwiniowe, wykonane według pięciu receptur, z dodatkiem trzech zagęstników i ich mieszanin (Tab. 1). Jogurty przygotowano z mleka spożywczego, pasteryzowanego, o zawartości 2% tłuszczu, 3% białka i 4,7% laktozy, (OSM Bochnia), kultur jogurtowych YC-X16 (Chr. Hansen), wsadu brzoskwiniowego (Zentis Polska) o składzie: cukier 58%, brzoskwini 30% (owoce 20%, sok 10%), woda 9,35%, skrobia modyfikowana kukurydziana E1422, regulatory kwasowości E330, E331, E333, substancja zagęszczająca E440, aromat, barwnik E160a. Jako zagęstniki zastosowano odtłuszczone mleko w proszku, OMP (białko 35%, laktoza 52%, tłuszcz 1% - SM Gostyń), koncentrat białek serwatkowych WPC80 (białko 81%, laktoza 4%, tłuszcz 5-8% - Regis, Bochnia) oraz SOVMLEK JF 10, preparat stabilizujący produkty mleczne, (SOVIT Jarosław Buczkowski Sp. Jawna, Warszawa), o składzie: skrobia modyfikowana E1422, żelatyna wieprzowa, pektyna E440. Mleko podzielono na pięć porcji, podgrzano do 60°C, dodano zagęstniki wg Tab. 1 i zhomogenizowano, następnie dodano wsad owocowy i repasteryzowano (90°C, 15s). Przygotowane nastawy schłodzono do 43°C, zaszczipiono, wymieszano i rozlano do opakowań o poj. 100 ml. Pojemniki zakodowano (J1, J2, J3, J4, J5) i termostatowano w temp. 43°C przez 4,5 godziny. Otrzymane jogurty schłodzono do 5°C i w tej temperaturze przechowywano 21 dni.

Tab. 1. Receptury jogurtów brzoskwiniowych z różnymi zagęstnikami

Składnik	J1	J2	J3	J4	J5
Mleko	83,0%	83,0%	83,0%	83,0%	83,0%
Wsad brzoskwiniowy	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
Zakwas jogurtowy	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Odtłuszczone mleko w proszku, OMP	2,0%	-	-	1,0%	1,0%
Sovmlek	-	2,0%	-	1,0%	-
WPC80	-	-	2,0%	-	1,0%

Ocenę jakości jogurtów przeprowadzono w czterech terminach: 1, 7, 14 i 21 dniu przechowywania. Do każdej analizy wybierano losowo dwa jogurty z każdej partii. Kwasowość czynną oznaczono pHmetrem Elmetron CPC-411, wyposażonym w elektrodę zespoloną, a kwasowość ogólną metodą miareczkową, w°SH [PN-75/A-86130]. Wielkość synerazy wyznaczono metodą sączenia 25 g napoju na bibule filtracyjnej, w czasie 120 min., w temp. 4 ± 1 °C [Tamime i in., 1996]. Twardość (N), adhezyjność (mJ) i gumowatość (N) oznaczono testem TPA, w trzech powtórzeniach, tekstuometrem Brookfield CT3 [Znamirowska i in., 2015]. Akceptację jogurtów sprawdzono metodą skalowania z użyciem 9 stopniowej skali hedonicznej, natomiast ocenę intensywności występowania cech w skali 7 stopniowej, strukturyzowanej, gdzie 1- oznacza brak występowania danej cechy, 2- bardzo słabą intensywność, 3- słabą, 4- umiarkowaną, 5- silną, 6- bardzo silną i 7- skrajnie silną intensywność występowania danej cechy sensorycznej [Barylko-Pikielna i Matuszewska, 2009]. Ocenę wykonał 10 osobowy zespół. Analizę statystyczną wykonano w programie Statistica v. 10 (StatSoft. Polska). Z uzyskanych danych obliczono średnią i odchylenie standardowe. Istotność różnic pomiędzy grupami oznaczono testem Tukeya, przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Proces ukwaszania stanowi zasadniczy etap w produkcji mlecznych napojów fermentowanych, a osiągnięcie odpowiedniej kwasowości decyduje o powstaniu i stabilności skrzepu oraz wykształceniu się odpowiednich cech sensorycznych. Kwasowość jogurtu naturalnego odpowiadająca preferencjom większości konsumentów wynosi 4,2-4,5 pH. Przy niższych wartościach pH może dochodzić do niekorzystnych zmian w smaku i wyglądzie, poprzez wydzielenie się serwatki ze skrzepu, a także do spadku przeżywalności bakterii jogurtowych [Jankowska i Rejs, 2013]. Siemianowski i in. [2011] badając jogurty naturalne dostępne w sprzedaży zauważyli, że charakteryzowały się one średnimi wartościami kwasowości czynnej z przedziału 4,2-4,3. Natomiast Koziół i Gustaw [2012] analizując kwasowość handlowych jogurtów naturalnych i smakowych uzyskali niższe wyniki. Dla jogurtów naturalnych były to wartości 3,87-4,22,

a dla smakowych 3,85-4,05. Gotowe wsady owocowe mają pH około 3,6 [Specyfikacja, 2013], dlatego ich dodatek do mleka lub bezpośrednio do jogurtu może wpływać na obniżenie pH produktu końcowego. Również polisacharydy stosowane jako zagęstniki mogą wpływać na zmianę wartości pH mleka przed fermentacją [Gustaw i in., 2007]. W analizowanych jogurtach brzoskwiniowych z różnymi zagęstnikami, w pierwszym dniu przechowywania uzyskano średnie wartości pH od 4,58 dla jogurtu z mlekiem w proszku, do 4,46 dla mieszanki OMP i WPC80 (Tab. 2). W trakcie przechowywania we wszystkich analizowanych produktach nastąpił spadek pH co świadczy o prawidłowej aktywności bakterii wchodzących w skład szczepionki jogurtowej. W ostatnim dniu badawczym pH wynosiło od 4,45 dla jogurtów zagęszczonych OMP oraz WPC80, do 4,38 dla produktu zawierającego mieszankę tych dwóch składników. Uzyskane wyniki były nieznacznie wyższe niż w badaniach cytowanych autorów, jednak takie wartości pH powinny zagwarantować akceptację przez konsumentów i ograniczenie występowania synerезy.

Wzrost kwasowości jogurtu w czasie przechowywania jest spowodowany aktywnością drobnoustrojów fermentacji mlekowej, które również w temperaturach chłodniczych rozkładają powoli laktozę do kwasu mlekowego [Jankowska i Rejs, 2013]. Zastosowanie zagęstników, a w szczególności białek mleka powoduje wzrost kwasowości miareczkowej jogurtu. Jogurty handlowe, naturalne analizowane przez Koziół i Gustaw [2012], wykazywały kwasowość ogólną w szerokim zakresie, 44,4-61,2 °SH, w zależności od zawartości w produkcie białka i tłuszczu. W przypadku jogurtów smakowych wartości kwasowości miareczkowej były zdecydowanie niższe i wynosiły 35,2-54,8 °SH. Wpływ na obniżenie kwasowości miareczkowej miało zastąpienie mlecznych zagęstników hydrokoloidami. Z Tab. 2 wynika, że również w badanych jogurtach brzoskwiniowych zastosowanie niemlecznych zagęstników spowodowało zmniejszenie kwasowości ogólnej produktów. Jogurty J2 i J4 zawierające mieszankę skrobi modyfikowanej, żelatyny i pektyny wykazywały istotnie niższe wartości analizowanego parametru, niż produkty zagęszczone OMP i WPC80 ($p \leq 0,05$). Najwyższą kwasowością ogólną spośród analizowanych produktów charakteryzował się jogurt z dodatkiem OMP w pierwszych 14 dniach przechowywania. Natomiast w produkcie J5 zawierającym mieszankę OMP i białek serwatkowych, kwasowość była istotnie niższa ($p \leq 0,05$), niż w jogurtach z dodatkiem pojedynczych, mlecznych zagęstników, ale tylko do 14 dnia przechowywania. W 21 dniu badania jogurt ten charakteryzował się istotnie wyższą kwasowością ogólną (35,60 °SH), niż pozostałe jogurty ($p \leq 0,05$). Gustaw i Nastaj [2007] analizując czas ukwaszania jogurtów z preparatami białek serwatkowych doszli do wniosku, że dodatek białek serwatkowych do mleka wydłuża okres powstawania skrzepu kwasowego. Podobnie González-Martínez i in. [2002], zauważyli wolniejsze ukwaszanie jogurtów ze zwiększoną zawartością białek serwatkowych w początkowym okresie fermentacji, jednak po 15 dniach

przechowywania kwasowość takich jogurtów nie różniła się znacznie od kwasowości jogurtów nie wzbogaconych w proszek serwatkowy.

Stabilność struktury żelowej otrzymanych jogurtów sprawdzono analizując ilość wydzielanej serwatki, w trakcie przechowywania. Z Tab. 2 wynika, że najwyższą synerezą w pierwszym dniu badawczym charakteryzował się jogurt z OMP (31,62%), jednak w trakcie przechowywania wada ta ulegała zmniejszeniu.

Tab. 2. Kwasowość i synereza jogurtów brzoskwiniowych podczas 21 dni przechowywania chłodniczego ($\bar{x} \pm sd$)

a, b, c- średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie w wierszu przy $p \leq 0,05$

Parametr	Dzień badania	J1/ OMP	J2/ Sovmlek	J3/ WPC80	J4/ OMP+ Sovmlek	J5/ OMP+ WPC80
pH	1	4,58±0,01 ^a	4,51±0,02 ^b	4,53±0,02 ^b	4,53±0,01 ^b	4,46±0,00 ^c
	7	4,49±0,00 ^a	4,42±0,00 ^b	4,42±0,00 ^b	4,35±0,00 ^c	4,35±0,00 ^c
	14	4,42±0,01 ^c	4,39±0,00 ^a	4,44±0,00 ^c	4,42±0,01 ^c	4,35±0,00 ^b
	21	4,45±0,00 ^c	4,39±0,00 ^a	4,45±0,00 ^c	4,44±0,01 ^c	4,38±0,00 ^a
Synereza [%]	1	31,62±0,07 ^a	4,19±2,20 ^b	27,99±3,31 ^{ac}	25,34±1,68 ^{cd}	22,35±0,32 ^d
	7	31,04±0,68 ^a	4,94±0,92 ^b	22,34±3,51 ^c	25,74±0,81 ^d	19,60±0,72 ^d
	14	28,14±1,95 ^a	0,00±0,00 ^b	24,98±0,90 ^a	17,73±0,41 ^c	16,97±1,67 ^c
	21	28,12±0,25 ^a	0,00±0,00 ^b	30,98±0,00 ^c	19,66±0,12 ^d	23,78±0,39 ^e
Kwasowość ogólna [°SH]	1	33,00±1,00 ^a	28,00±2,00 ^b	31,20±1,20 ^a	26,00±0,00 ^b	26,80±0,80 ^b
	7	30,20±0,20 ^{ac}	21,20±0,80 ^b	32,20±1,00 ^{ac}	24,60±0,60 ^{ab}	29,60±4,80 ^{ac}
	14	33,20±1,20 ^a	25,40±0,60 ^b	30,00±2,00 ^c	27,00±1,00 ^{cb}	25,80±0,20 ^b
	21	30,00±0,00 ^a	25,00±0,20 ^b	32,60±1,80 ^c	27,60±0,40 ^d	35,60±0,40 ^e

Jogurt z WPC80 wykazał nieznacznie niższy wyciek serwatki w porównaniu do jogurtu z OMP, ale pod koniec okresu badawczego produkt ten charakteryzował się najwyższą synerezą z pośród badanych produktów (30,98%). Zastosowanie mieszaniny tych dwóch mlecznych zagęstników spowodowało istotne ograniczenie występowania tej wady w jogurcie ($p \leq 0,05$), jednak również bez tendencji malejącej w czasie przechowywania. Największą stabilność struktury wykazał jogurt z preparatem stabilizująco-zagęszczającym Sovmlek, w którym w początkowym okresie synereza wyniosła zaledwie 4,19%, a po dwóch tygodniach w ogóle nie zaobserwowano tego zjawiska. Podobne wyniki otrzymali Dzwolak i in. [2006], badając synerezę w jogurtach po 21 dniach przechowywania zauważyli, że w produkcie z OMP wynosiła ona około 5%, a w jogurtach z zastosowaniem systemów stabilizująco-zagęszczających zawierających skrobię i żelatynę lub pektynę wada ta nie występowała wcale lub w znikomym stopniu. Tamime i in. [1996] zaobserwowali istotny spadek wycieku serwatki w jogurtach

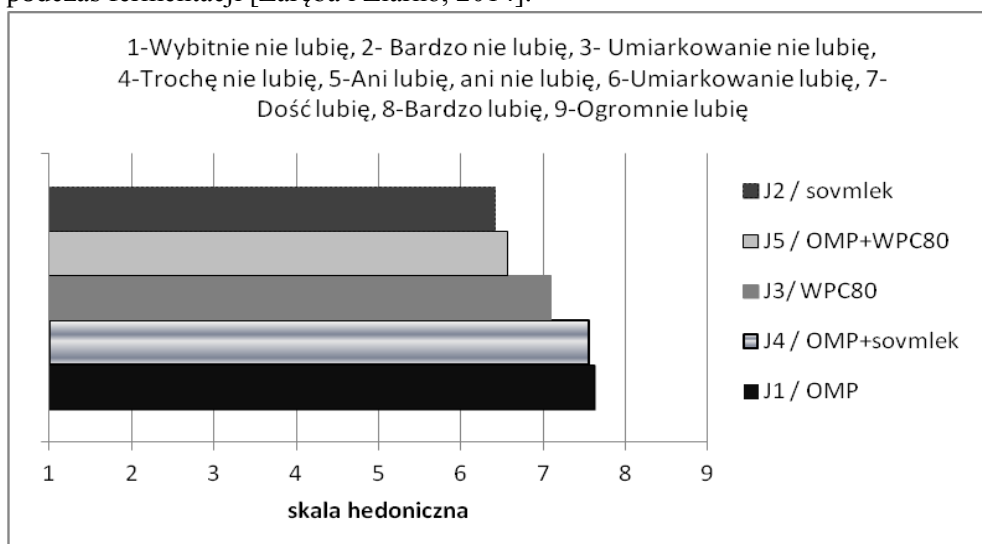
ze skrobią w trakcie przechowywania. Udowodniono bowiem, że skrobia i kazeina mogą się łączyć ze sobą poprzez międzycząsteczkowe oddziaływania elektrostatyczne co poprawia gęstość i zatrzymanie wody w jogurcie [Kozioł i Gustaw, 2012]. W literaturze można znaleźć dane dotyczące zarówno pozytywnego, jak i negatywnego wpływu WPC na retencję wody przez skrzep jogurtowy [Sodini i in., 2005]. Właściwości funkcjonalne białek serwatkowych takie jak zdolność żelowania i wiązania wody uzależnione są od stopnia ich denaturacji [Sodini i in., 2006], a także od proporcji kazeiny do białek serwatkowych w produkcie [Amatayakul i in., 2006]. Dane literaturowe dotyczące wpływu koncentratu białek serwatkowych na teksturę i cechy reologiczne jogurtu są niejednoznaczne. Część autorów wykazało pozytywny wpływ preparatów WPC na twardość i lepkość jogurtów, inni stwierdzili, że parametry te były porównywalne jak przy zastosowaniu odtłuszczonego mleka w proszku. Różnice te wynikały między innymi z zawartości niebiałkowych składników w preparatach oraz stopnia denaturacji białek serwatkowych [Gustaw i Nastaj, 2007].

Tab. 3. Parametry tekstury jogurtów brzoskwiniowych podczas 21 dni przechowywania chłodniczego ($\bar{x} \pm sd$); a, b, c- średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie w wierszu przy $p \leq 0,05$

Parametr	Dzień badania	J1/ OMP	J2/ Sovmlek	J3/ WPC80	J4/ OMP+ Sovmlek	J5/ OMP+ WPC80
Twardość [N]	1	1,84±0,11 ^a	2,46±0,12 ^b	1,24±0,05 ^c	1,89±0,05 ^a	2,81±0,02 ^d
	7	1,71±0,04 ^a	2,52±0,07 ^b	1,18±0,04 ^c	1,73±0,03 ^a	2,70±0,02 ^d
	14	1,71±0,04 ^a	2,52±0,07 ^c	1,18±0,04 ^b	1,73±0,03 ^{ab}	2,70±0,02 ^c
	21	1,71±0,04 ^a	2,52±0,07 ^b	1,18±0,04 ^c	1,73±0,03 ^a	2,70±0,02 ^b
Adhezyjność [mJ]	1	6,30±0,85 ^a	8,83±1,45 ^b	3,60±0,41 ^c	8,03±0,05 ^{ab}	8,97±1,20 ^b
	7	5,60±0,24 ^a	11,23±0,56 ^b	3,23±0,17 ^c	6,97±0,52 ^d	5,93±0,09 ^a
	14	7,83±0,56 ^a	9,05±2,59 ^a	4,67±0,05 ^b	8,97±0,29 ^a	6,50±0,37 ^{ab}
	21	8,00±1,49 ^{ad}	12,93±1,68 ^b	3,95±0,05 ^c	7,73±0,25 ^d	6,90±0,54 ^d
Gumowatość [N]	1	0,87±0,06 ^a	1,11±0,23 ^{ac}	0,60±0,02 ^d	0,93±0,02 ^b	1,18±0,17 ^c
	7	0,80±0,02 ^a	1,39±0,02 ^b	0,60±0,01 ^c	0,84±0,01 ^a	0,94±0,05 ^d
	14	0,92±0,02 ^a	1,25±0,32 ^{ab}	0,70±0,01 ^{ac}	0,95±0,04 ^{abc}	1,00 ±0,04 ^{abc}
	21	0,94±0,03 ^a	1,48±0,13 ^b	0,62±0,01 ^c	0,89±0,03 ^a	1,02±0,01 ^a

W Tab. 3 przedstawiono wyniki parametrów tekstury w badanych jogurtach brzoskwiniowych. W przypadku jogurtów zagęszczonych WPC80 zaobserwowano najniższe wartości twardości, adhezyjności i gumowatości skrzepu. Jogurty z preparatem zagęszczającym Sovmlek wykazały istotnie wyższe wartości badanych parametrów tekstury, niż w jogurtach J1 i J3, w których zastosowano OMP lub WPC80 ($p \leq 0,05$). Jednak najwyższymi wartościami twardości i gumowatości wykazał się jogurt J5, zawierający mieszankę OMP i WPC80. Gustaw i Nastaj [2007] analizując twardość jogurtów wzbogaconych w OMP

i WPC zauważyli, że przy 2% dodatku tych produktów twardość jogurtu zależała od zawartości białka w koncentracie. Tylko zastosowanie WPC85 zwiększało twardość jogurtu w porównaniu z proszkiem mlecznym. Preparaty WPC o mniejszej zawartości białka nie poprawiały tego parametru. W przypadku gumowatości autorzy zaobserwowali, że jogurty z dodatkiem koncentratów białek serwatkowych wykazują niższe wartości tego parametru niż jogurty z proszkiem mlecznym. Dla właściwości tekstury istotna jest bowiem zależność pomiędzy zawartością kazeiny i białek serwatkowych [Amatayakul i in., 2006]. Zachowanie pomiędzy nimi odpowiedniej proporcji decyduje o delikatności otrzymanego skrzepu i jego cechach organoleptycznych. Co istotne dodatek białek serwatkowych zwiększa udział białka ogółem w produkcie finalnym, nie wpływając bezpośrednio na zagęszczenie struktury skrzepu, natomiast zwiększenie zawartości kazeiny zagęszcza strukturalnie układ przestrzenny skrzepu tworzonego podczas fermentacji [Zaręba i Ziarno, 2014].



Rys. 1. Wykres akceptacji jogurtów brzoskwiniowych, w 9-cio stopniowej skali hedonicznej

Wyniki oceny instrumentalnej tekstury produktu nie zawsze pokrywają się z oceną konsumentką, która wiąże się z całościową analizą atrakcyjności produktu pod względem konsystencji, wyglądu i preferencji. Analizując wyniki zawarte w Tab. 4 zauważono, że za jogurty o najsilniejszej konsystencji uznano produkty zawierające preparat Sovmlek. W opinii konsumentów była ona nieco zbyt silna, bardziej budyniowa, niż żelowa. Według konsumentów biorących udział w ocenie jogurty zagęszczone WPC80 miały najsłabszą konsystencję spośród badanych, a produkty z OMP i mieszanką OMP i WPC80 wykazywały zbliżoną konsystencję. Zastosowane dodatki zagęszczające nie miały wpływu na ocenę intensywności

występowania smaków owocowego, kremowego i słodkiego w badanych jogurtach. Niektóre rodzaje skrobi mogą powodować niepożądane zmiany smaku i ziarnistość jogurtu [Kozioł i Gustaw, 2012]. Jednak w badanych recepturach smak mączysty generalnie był słabo wyczuwalny, również w jogurtach z dodatkiem preparatu zawierającego skrobię. Wszystkie analizowane receptury zyskały akceptację konsumencką (wynik powyżej 5 w skali hedonicznej - Rys. 1). Jednak głównie ze względu na różnice w konsystencji największą akceptacją wśród oceniających cieszył się jogurt zagęszczony w sposób tradycyjny, OMP. Równie wysoki wynik otrzymał jogurt zawierający mieszankę OMP i preparatu Sovmlek. Najmniejszą pożądalność uzyskał jogurt zagęszczony mieszanką hydrokoloidów, Sovmlek.

Tab. 4. Wyniki oceny cech sensorycznych jogurtów brzoskwiniowych, w skali siedmiostopniowej, podczas 21 dni przechowywania chłodniczego ($\bar{x} \pm sd$); a, b, c - średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie w wierszu przy $p \leq 0,05$

Parametr	Dzień badani a	J1/ OMP	J2/ Sovmlek	J3/ WPC80	J4/OMP+ Sovmlek	J5/OMP+ WPC80
Konsystencja	1	5,13±1,27 ^{ab}	6,13±0,60 ^a	4,63±1,22 ^b	5,63±0,70 ^{ab}	5,25±1,09 ^{ab}
	7	4,73±1,01 ^{ab}	5,55±0,66 ^a	3,82±1,11 ^b	4,64±0,77 ^{ab}	4,45±1,16 ^{ab}
	14	4,40±1,17 ^{ac}	5,60±0,80 ^b	3,50±0,67 ^c	4,90±1,04 ^b	4,50±0,67 ^c
	21	5,56±0,50 ^a	5,67±0,82 ^a	4,78±1,23 ^a	5,33±0,47 ^a	4,89±0,99 ^a
Smak kremowy	1	5,63±1,11 ^a	5,13±1,05 ^a	5,00±0,87 ^a	5,25±1,20 ^a	4,83±1,32 ^a
	7	4,82±1,08 ^a	5,00±0,85 ^a	4,55±0,89 ^a	5,36±0,48 ^a	4,45±1,08 ^a
	14	5,20±1,23 ^a	5,10±0,83 ^a	5,10±1,14 ^a	5,20±0,98 ^a	4,90±0,83 ^a
	21	4,89±0,74 ^a	4,89±0,87 ^a	5,00±0,94 ^a	5,11±0,57 ^a	4,33±0,82 ^a
Smak owocowy	1	5,50±1,58 ^a	4,75±1,56 ^a	5,25±0,83 ^a	5,00±1,22 ^a	4,63±0,99 ^a
	7	5,36±0,81 ^a	5,18±0,72 ^a	5,00±0,74 ^a	5,27±0,75 ^a	4,91±0,67 ^a
	14	5,30±1,16 ^a	5,00±1,18 ^a	5,20±0,98 ^a	5,30±0,90 ^a	4,90±1,04 ^a
	21	4,33±1,15 ^a	4,22±1,13 ^a	5,22±0,79 ^a	5,22±0,63 ^a	5,00±0,94 ^a
Smak słodki	1	5,00±1,12 ^a	4,50±1,73 ^a	4,63±1,49 ^a	4,38±1,58 ^a	4,50±1,22 ^a
	7	4,73±1,10 ^a	4,91±0,79 ^a	4,73±0,75 ^a	5,00±0,74 ^a	4,55±0,89 ^a
	14	4,60±0,97 ^a	4,40±1,02 ^a	4,60±1,02 ^a	5,10±0,83 ^a	4,30±1,00 ^a
	21	4,44±0,83 ^a	4,78±0,92 ^a	4,67±0,94 ^a	5,00±0,67 ^a	4,78±0,92 ^a
Smak mączysty	1	1,38±0,70 ^{ab}	2,75±1,39 ^a	1,13±0,33 ^b	1,88±1,36 ^{ab}	2,63±1,58 ^{ab}
	7	1,91±1,14 ^a	2,64±1,23 ^a	1,82±1,53 ^a	2,09±1,00 ^a	2,82±1,40 ^a
	14	1,90±1,29 ^a	2,40±1,02 ^a	1,60±0,49 ^a	1,80±1,47 ^a	2,30±1,55 ^a
	21	2,22±1,47 ^a	2,22±0,92 ^a	1,78±1,55 ^a	2,00±1,15 ^a	2,78±1,40 ^a

Wnioski

1. Rodzaj zagęstnika nie miał wpływu na kwasowość czynną w trakcie przechowywania chłodniczego. Wpłynął natomiast istotnie na kwasowość

ogólną jogurtów. Produkty z dodatkiem hydrokoloidów wykazywały niższe wartości tego parametru.

2. Zastosowanie systemu stabilizująco-zagęszczającego Sovmlek do jogurtów spowodowało znaczne ograniczenie synerezy. W przypadku mlecznych zagęstników lepsze efekty w zmniejszeniu tej wady dało zastosowanie kombinacji proszku mlecznego i koncentratu białek serwatkowych.
3. Jogurt z dodatkiem WPC80 charakteryzował się najgorszymi parametrami tekstury oraz został najslabiej oceniony przez konsumentów pod względem konsystencji. Największą adhezyjnością i gumowatością skrzepu oraz najsilniejszą konsystencją charakteryzował się jogurt z preparatem Sovmlek.
4. Największą akceptację konsumentką uzyskał jogurt zagęszczany w sposób tradycyjny, za pomocą odtłuszczonego proszku mlecznego.

Literatura

- [1] Amatayakul T., Halmos A.L., Sherkat F., Shah N.P.: Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, 2006, 16, 40-51.
- [2] Barylko-Pikielna N., Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. Wyd. I. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków 2009.*
- [3] Dzwolak I., Żuraw J., Jankowski P., Przybylski R.: Wpływ stosowanych systemów stabilizująco-zagęszczających na cechy reologiczne jogurtu. *Przegląd Mleczarski*, 2006, 6, 4-7.
- [4] Gonzáles-Martínez C., Becerra M., Cháfer M., Albors A., Carot J.M., Chiralt A.: Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality. *Trends in Food Science & Technology*, 2002, 13, 334-340.
- [5] Gustaw W., Nastaj M., Sołowiej B.: Wpływ wybranych hydrokoloidów na właściwości reologiczne jogurtu stałego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 5(54), 274-282.
- [6] Gustaw W., Nastaj M.: Wpływ dodatku wybranych koncentratów białek serwatkowych (WPC) na właściwości reologiczne jogurtów otrzymanych metodą termostatową. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 1(50), 56-63.
- [7] Jankowska A., Reps A.: Czynniki decydujące o trwałości jogurtu podczas przechowywania. *Przegląd Mleczarski*, 2013, 11, 2-5.
- [8] Koziół J., Gustaw W.: Porównanie właściwości fizykochemicznych jogurtów handlowych. *Przegląd Mleczarski*, 2012, 1, 22-26.
- [9] Lal S.N.D., O'Connor Ch.J., Eyres L.: Application of emulsifiers/stabilizers in dairy products of high rheology. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2006, 123-126, 433-437.

- [10] Michniewicz J.: Hydrokoloidy i ich właściwości w układach żywnościowych. Hydrokoloidy w produkcji żywności. Red. A. Rutkowski, Wyd. I. Drukarnia Wydawnicza Trans-Druk s.c. na zlecenie Polskiej Izby Dodatków do Żywności, Konin 2001, 7-17.
- [11] PN-75/A-86130:1975 Mleko i przetwory mleczarskie. Napoje mleczne. Metody badań.
- [12] Siemianowski K., Detman K., Staniewski B., Baranowska M.: Porównanie profilu tekstury jogurtów naturalnych dostępnych w handlu. Przegląd Mleczarski, 2011, 10, 14-18.
- [13] Sodini I., Mattas J., Tong P.S.: Influence of pH and heat treatment of whey on the functional properties of whey protein concentrates in yoghurt. International Dairy Journal, 2006, 16(12), 1464-1469.
- [14] Sodini I., Montella J., Tong P.S.: Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85, 853-859.
- [15] Specyfikacja produktu Preparat owocowy-Brzoskwinia. 08.05.2013, Zentis Polska Sp. z o.o.
- [16] Tamime A.Y., Barrantes E., Sword A. M.: The effect of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. Journal of the Society of Dairy Technology, 1996, 49, 1-10.
- [17] Zaręba D., Ziarno M.: Dodatki: Dodatki do mlecznych napojów fermentowanych. Forum Mleczarskie Biznes, 2014, 3(19), <http://www.forummleczarskie.pl/RAPORTY/428>.
- [18] Znamiorska A., Kalicka D., Pawlos M, Szajnar K.: Quality of yogurts from goat's milk enriched with magnesium chloride. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences., 2014, 4(4), 369-372.

BAKTERIE PROBIOTYCZNE W SUROWO DOJRZEWAJĄCYCH WĘDLINACH

PAULINA KĘSKA, JUSTYNA LIBERA, KATARZYNA NEFFE-SKOCIŃSKA,
ANNA OKOŃ, MONIKA SKWAREK, JOANNA STADNIK, MONIKA
TRZĄSKOWSKA, KAROLINA WÓJCIAK

Streszczenie

Mięso i produkty mięsne są kluczowymi elementami w diecie człowieka. Stanowią bogate źródło składników, ważnych zarówno pod względem odżywczym jak i zdrowotnym. Coraz powszechniejszy problem występowania chorób przewlekłych zależnych od sposobu żywienia skłania naukowców do poszukiwania aktywnych składników żywności i przełożenia zdobytej wiedzy na globalną produkcję żywności funkcjonalnej. Stwarza to olbrzymie możliwości, ale także wyzwania dla przemysłu mięsnego.

Do żywności funkcjonalnej możemy zaliczyć m.in. fermentowane wyroby mięsne z dodatkiem kultur probiotycznych (głównie bakterii kwasu mlekowego). Kultury startowe muszą być tak dobrane, aby ich profil enzymatyczny umożliwiał wytwarzanie pożądaných produktów. Mikroorganizmy wykorzystywane jako kultury probiotyczne powinny wykazywać się dobrą adaptacją do warunków występujących w produktach fermentowanych. Proces ich produkcji nie wymaga użycia wysokich temperatur, w związku z czym wydaje się być odpowiedni dla wzrostu i przeżycia bakterii probiotycznych. Z drugiej strony, rozwój w wyrobach mięsnych może być ograniczony poprzez wysoką zawartość soli, śladową ilość węglowodanów oraz niską aktywność wody. Poważnym problemem są także rodzime mikroorganizmy obecne w surowcu mięsnym. Dodana mikroflora powinna stać się dominującą w produkcie końcowym potęgując jego właściwości prozdrowotne. Dodatkowo, aby wywoływać oczekiwane efekty w organizmie, powinna być zdolna do przeżycia w przewodzie pokarmowym człowieka. Na jakość produktu mają wpływ także aspekty technologiczne oraz warunki przechowywania. Obecność probiotyków w produkcie wpływa między innymi na przemiany proteolityczne, stabilność oksydacyjną, barwę oraz teksturę fermentowanych wyrobów mięsnych. Z tego względu dąży się do optymalizacji warunków procesu produkcyjnego, aby końcowy wyrób był akceptowalny przez konsumentów i w pełni bezpieczny zdrowotnie.

Słowa kluczowe: bakterie probiotyczne, surowo dojrzewające wędliny, żywność funkcjonalna

Wprowadzenie

Zależności między sposobem odżywiania a zdrowiem człowieka są coraz częściej przedmiotem zainteresowania zarówno konsumentów, jak i naukowców. Specyficzne właściwości składników żywności modulujące fizjologiczne funkcje organizmu wykorzystywane są w produktach spożywczych. Wyroby zaliczane do żywności funkcjonalnej dostarczają składników odżywczych, jak również wpływają korzystnie na określone funkcje w organizmie. Przyczyniają się do poprawy stanu zdrowia i dobrego samopoczucia i/lub zmniejszenia ryzyka wystąpienia chorób. Znaczącą pozycję na rynku żywności funkcjonalnej posiadają produkty z mikroflorą probiotyczną. Probiotykami nazywamy żywe organizmy, które poprzez swoją obecność w żywności wpływają na równowagę ekosystemu jelitowego gospodarza wywierając pożądaną efekt zdrowotny. Produkty probiotyczne są najszybciej rozwijającym się obszarem przemysłu żywnościowego. Ze względu na ich korzyści zdrowotne są obiecujące do wykorzystania w przemyśle mięsnym [Työppönen i in. 2003; Arihara i Ohata, 2011; Olmedilla-Alonso i in., 2013; Rubio i in. 2013].

Fermentowane produkty mięsne są uważane za doskonałe do rozwoju wprowadzonej mikroflory, głównie ze względu na specyficzność procesu technologicznego. Tradycyjne wytwarzanie surowo dojrzewających wyrobów mięsnych jest oparte na fermentacji z wykorzystaniem bakterii kwasu mlekowego (LAB *ang. Lactic Acid Bacteria*) stanowiących naturalną mikroflorę mięsa lub wyizolowanych ze środowiska (np. z ludzkiego przewodu pokarmowego). Zastosowanie szczepów bakterii probiotycznych w fermentowanych produktach mięsnych na skalę przemysłową nie jest jeszcze powszechne. Główną przeszkodą jest określenie kompromisu pomiędzy aspektem mikrobiologicznym i technologicznym a zachowaniem parametrów jakościowych i sensorycznych probiotycznych produktów mięsnych. Istotne jest także uzyskanie odpowiedniego stopnia bezpieczeństwa żywności oraz utrzymanie korzystnych efektów dla zdrowia ludzkiego [Khan i in., 2011; Kołożyn-Krajewska i Dolatowski, 2012].

Celem pracy była analiza aspektów mikrobiologicznych i technologicznych produkcji probiotycznych fermentowanych produktów mięsnych

Probiotyczne szczepy bakterii wykorzystywane jako kultury startowe w surowo-dojrzewających wędlinach

W produkcji surowo dojrzewających wędlin o właściwościach probiotycznych, istotny jest odpowiedni dobór kultur startowych, które będą w stanie przystosować się do warunków panujących w środowisku mięsnym. W dostępnej literaturze można znaleźć przeważnie badania dotyczące szczepów potencjalnie probiotycznych. Tylko nieliczne publikacje naukowe donoszą o możliwości zastosowania kultur startowych o udokumentowanych właściwościach probiotycznych, takich jak: *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Lactobacillus rhamnosus* LOCK900 (poprzednio *Lactobacillus casei* LOCK0900) i *Lactobacillus*

plantarum 299V [Erkkilä i in., 2001; Neffe-Skocińska i in., 2011; Wójciak i in., 2012; Rubio i in., 2013].

Zapewnienie jak najlepszych warunków do szybkiego przystosowania probiotyku do środowiska i jego intensywnego rozwoju w surowcu mięsnym, w celu zdominowania mikroflory macierzystej, wiąże się przede wszystkim z ustaleniem optymalnej temperatury fermentacji i dojrzewania mięsa oraz dodatkiem odpowiednich węglowodanów. Bakterie probiotyczne są wprowadzane do surowca, który nie jest czysty mikrobiologicznie, występuje w nim mikroflora macierzysta, która jest konkurencyjna w dostępie do składników odżywczych [Heller, 2001; Klingberg i in., 2006]. Ponadto ekspresja działania probiotycznego wymaga stabilności probiotyku podczas przechowywania, czyli liczebności w granicach 6-7 log jtk/g produktu [Rivera-Espinoza i Gallardo-Navarro, 2010]. Czynniki ograniczającymi, a nawet uniemożliwiającymi rozwój probiotyków w środowisku mięsnym są bakterie środowiskowe i śladowa zawartość cukrów w mięsie [Kołożyn-Krajewska i Dolatowski, 2012]. W przypadku braku odpowiedniej ilości sacharydów, dodane mikroorganizmy zaczynają wykorzystywać aminokwasy jako alternatywne źródło węgla, co inicjuje psucie się mięsa oraz zwiększenie intensywności odczuwanego smaku gorzkiego. Z tego powodu, przy produkcji mięsnych wyrobów dojrzewających, stosuje się dodatek sacharydów (mono-, di- i polisacharydów) w ilości 0,4-1,2% [Työppönen i in., 2003; Wójciak i in. 2012; Skwarek i Dolatowski, 2013; Libera i in., 2014; Okoń i Dolatowski, 2014].

Istnieje także technologiczna trudność wprowadzenia szczepu bakteryjnego (forma, liczba, sposób aplikacji) do zapeklowanego elementu, szczególnie do nierozdrobnionego mięsa. Kultury startowe są produkowane najczęściej w formie liofilizowanej lub mrożonej i wymagają pewnego przygotowania przed dodaniem oraz czasu na przystosowanie się do nowego środowiska. Wyzwaniem jest opracowanie szczepionki startowej, która zapewni probiotykom konkurencyjność względem mikroflory macierzystej. Proces fermentacji, suszenia i dojrzewania produktów mięsnych przeprowadzany jest zwykle w zakresie temperatur 15-26°C [Toldra 2006; Neffe-Skocińska i in., 2011; Wójciak i in., 2012; Bermúdez i in., 2014; Libera i in., 2014]. Niższa temperatura pozwala na uzyskanie produktu wysokiej jakości o długim okresie dojrzewania i przydatności do spożycia, natomiast zastosowanie wyższej temperatury, umożliwia skrócenie czasu fermentacji. Zastosowanie wyższych temperatur niesie jednak ryzyko niekontrolowanego rozwoju mikroorganizmów odpowiedzialnych za zepsucie produktu oraz zwiększenie intensywności proteolizy i lipolizy [Kołożyn-Krajewska i Dolatowski, 2012; Libera, 2014; Okoń i Dolatowski, 2014].

W literaturze dostępnych jest kilka prac, w których badano korzystne oddziaływanie probiotycznych kielbas na zdrowie człowieka. W doświadczeniu Jahreisa i in. [2002] zbadano jak spożycie probiotycznych kielbas wpływa na gospodarkę lipidową i immunologiczną u dwudziestu zdrowych ochotników.

W pierwszym etapie badań spożywali oni przez pięć miesięcy po 50 g kielbasy surowo-dojrzewającej zawierającej szczep bakterii probiotycznych *Lactobacillus paracasei* LTH 2579. Następnie ochotnicy spożywali tradycyjnie wyprodukowaną kielbasę surowo dojrzwającą. W badaniu stwierdzono m.in. pozytywną korelację pomiędzy liczbą bakterii probiotycznych, a wybranymi wskaźnikami immunologicznymi we krwi i kale ochotników. W próbkach kału zaobserwowano również istotnie wyższą liczbę bakterii szczepu probiotycznego w porównaniu do próbek kontrolnych. Natomiast w badaniach przeprowadzonych przez Klingberga i Budde'a [2006] określano zdolność do przeżycia pięciu szczepów probiotycznych należących do gatunków *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus* i *Lactobacillus salivarius* w przewodzie pokarmowym człowieka, w zależności od formy spożycia kultur bakterii. Autorzy stwierdzili, że spośród pięciu badanych szczepów bakterii o właściwościach probiotycznych spożywanych w postaci liofilizowanej, tylko dwa z gatunku *Lb. plantarum* (MF1298 i DC13) przeżywają pasaż w układzie pokarmowym człowieka. Stwierdzono również, że bakterie należące do gatunku *Lb. plantarum* spożywane za pośrednictwem kielbasy dojrzwającej również przeżywają w układzie pokarmowym człowieka.

Wpływ bakterii probiotycznych na proteolizę surowo dojrzewających wędlin

Jednym z najbardziej istotnych procesów biochemicznych zachodzących w mięsie jest proteoliza białek. Proces ten nadaje surowcowi mięsnemu charakterystyczny smak, zapach oraz odpowiednią teksturę i barwę. Na przemiany proteolityczne w fermentowanych produktach mięsnych ma wpływ kilka czynników, do których należą: surowiec, parametry procesu produkcji i przechowywania oraz rodzaj użytych kultur startowych. Aktywność proteolityczna w produktach surowo dojrzewających przypisywana jest głównie endogennemu systemowi enzymatycznemu tkanki mięśniowej. Działanie kalpain jest widoczne tylko w pierwszych dniach procesu dojrzewania, zaś katepsyna D wykazuje aktywność przez 6 miesięcy. Wykazano również, że pozostałe katepsyny i peptydazy są dosyć stabilne i wykazują aktywność w czasie całego procesu dojrzewania [Larrea i in., 2006]. Wzrost zawartości azotu niebiałkowego w czasie przechowywania produktów mięsnych surowo dojrzewających jest wynikiem nagromadzenia się niskocząsteczkowych produktów hydrolizy białek, prawdopodobnie w efekcie wzrostu aktywności proteolitycznej enzymów tkanki mięśniowej [Rivas-Cañedo i in., 2009; Pomponio i in., 2010]. Produktami końcowymi proteolizy w wyniku działania aminopeptydaz są wolne aminokwasy. Casaburi i in. [2007, 2008] podkreślają, że proteoliza białek sarkoplazmatycznych, która ma mały wpływ na teksturę i konsystencję, może być spowodowana zarówno aktywnością proteaz pochodzenia bakteryjnego, jak i endogennych enzymów komórek mięśniowych aktywowanych wzrostem kwasowości środowiska. Połudwice probiotyczne zawierają mikroflorę produktu bardziej ukierunkowaną na hydrolizę substratów w przewodzie pokarmowym. Tą zależność zaobserwowali

w swoich badaniach Okoń i Dolatowski [2012] wykazując zróżnicowanie w ilości peptydów i wolnych aminokwasów w polędwicach probiotycznych. W polędwicach z różnymi szczepami bakterii (*Lb. casei* ŁOCK0900, *Bifidobacterium bifidum*, *Lb. acidophilus* Bauer) Okoń i Dolatowski [2014] stwierdzili zróżnicowane zawartości wolnych aminokwasów, które prawdopodobnie wpłynęły na cechy sensoryczne polędwic probiotycznych. Podobne tendencje zmian zawartości produktów hydrolizy zaobserwowali Casaburi i in. [2007], którzy wykazali różne zawartości wolnych aminokwasów w kielbasach, zależnie od gatunku i szczepu kultur bakterii kwasu mlekowego. Działanie kultur bakterii probiotycznych opisanych w literaturze, w produkcji wyrobów surowo dojrzewających polega na zakwaszeniu środowiska (kwas mlekowy, kwas octowy), czego wynikiem jest wyeliminowanie innych grup mikroflory, w tym patogennej danego środowiska [Wójciak i in., 2012; Mora i in., 2013]. Casaburi i in. [2007, 2008] słabą aktywność proteaz endogennych w przypadku próby kontrolnej prowadzonych badań wiąże z jej niską kwasowością w czasie całego okresu dojrzewania, gdzie wartość pH nie spadała poniżej 5,57. Wysoka kwasowość produktu stwarza warunki odpowiednie dla działania enzymów proteolitycznych [Casaburi i in., 2007]. Di Cagno i in. [2008] zauważyli we włoskich kielbasach surowo-dojrzewających obniżenie przez drobnoustroje w czasie fermentacji wartości pH, która aktywowała proteolityczne enzymy endogenne mięsa. Wytwarzane kwasy (mlekowy, octowy i in.) przez bakterie kwasu mlekowego (LAB) podczas fermentacji wyrobów mięsnych obniżają nie tylko wartość pH mięsa, ale też aktywują kwaśne endogenne proteazy mięsa (katepsyny). Stopniowe zmniejszanie się aktywności katepsyn (B i L) w czasie dojrzewania szynki Jinhua zaobserwowali Zhao i in. [2005]. Natomiast Pomponio i in. [2010] oceniając inną grupę endogennych enzymów (kalpain) tkanki mięśniowej zaobserwowali zmniejszenie ich aktywności, wraz ze wzrostem kwasowości mięsa w czasie przechowywania poubojowego. Jest to zgodne z aktualną wiedzą na temat roli endogennych enzymów w procesach dojrzewalniczych. Ich aktywność jest obserwowana bezpośrednio po uboju przy wyższych wartościach pH, natomiast przy wysokiej kwasowości mięsa, aktywność katepsyn jest minimalna.

Wpływ bakterii probiotycznych na teksturę surowo dojrzewających wędlin

Tekstura jest jednym z ważniejszych wyróżników jakości mięsnych wyrobów surowo dojrzewających. Podczas fermentacji w znacznym stopniu hydrolizie ulegają białka sarkoplazmatyczne, częściowo białka miofibrylarne i łącznotkankowe. Konsystencja jest w ścisłej zależności z właściwościami sensorycznymi, szczególnie kruchością i soczystością. Nadmierna miękkość tzw. ciastowatość jest jedną z głównych wad tekstury, występującą w szynkach surowo dojrzewających. Obniża ona jakość wyrobu poprzez trudności w krojeniu oraz wpływa negatywnie na ocenę sensoryczną [Bermúdez i in., 2014].

Wada ta związana jest z daleko posuniętą proteolizą, na co ma wpływ jakość surowca (pH), zawartość soli, wody i białka oraz warunki procesu dojrzewania do których należy skład oraz aktywność mikrobiologiczna.

Skwarek i in. [2013] oceniając wpływ bakterii probiotycznych *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900 na teksturę potencjalnie probiotycznej szynki surowo dojrzewającej, zaobserwowali wyższe wartości pracy cięcia, zarówno po 28 dniach fermentacji, jak i po 5 miesiącach przechowywania. Wynik taki może świadczyć o pośrednim udziale szczepu probiotycznego w dojrzewaniu, poprzez wytwarzanie bakteriocyn inaktywujących inną mikroflorę, np. mikroflorę wytwarzającą enzymy proteolityczne oraz o hamowaniu szybkości przemian proteolitycznych. Szynki z dodatkiem szczepu bakterii probiotycznych charakteryzowały się również wyższymi wartościami siły penetracji, co może świadczyć o korzystnym wpływie dodanych bakterii probiotycznych na białka tkanki łącznej i kolagenu, co wpływa na właściwości mechaniczne omięsnej wewnętrznej.

Wpływ bakterii probiotycznych na stabilność oksydacyjną surowo dojrzewających wędlin

Jakość wędlin surowo-dojrzewających jest gwarantowana poprzez ograniczenie rozwoju niepożądanych drobnoustrojów i stabilizowanie przemian oksydacyjnych. Dojrzewające wędzonki, bogate w tłuszcz śródmięśniowy (baleron, boczek) oraz kiełbasy są bardzo podatne na utlenianie, co ogranicza ich trwałość. Duża zawartość tłuszczu, ok. 20-30%, nie ogranicza natomiast możliwości adaptacyjnych kultur startowych w produktach mięsnych [Ruiz-Moyano i in., 2011; Wójciak i in., 2012; Rubio i in., 2013; Libera i in., 2014].

Procesy oksydacyjne powodują niekorzystne zmiany cech sensorycznych i wartości odżywczej [Colindres i Brewer, 2011]. Wpływają na barwę wędliny poprzez denaturację pigmentów mięsa oraz odpowiadają za powstawanie jełkiego zapachu. Ponadto produkty oksydacji tłuszczu są niezwykle reaktywne i szybko łączą się z pozostałymi składnikami żywności, ograniczając ich dostępność, np. zmniejszają udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Niektóre pośrednie i końcowe produkty, tj. dialdehyd malonowy i 4-hydroksynonenal, mogą wykazywać działanie toksyczne i kancerogenne dla organizmu człowieka [Colindres i Brewer, 2011]. W celu spowolnienia reakcji oksydacyjnych, do fermentowanych wędlin dodawane są naturalne lub syntetyczne substancje przeciwutleniające [Colindres i Brewer, 2011; Libera, 2013]. Probiotyki należące do bakterii kwasu mlekowego również mogą stabilizować procesy oksydacyjne zachodzące podczas przechowywania fermentowanych wędlin [Wójciak i in., 2012; Libera, 2013].

Technologia wędlin fermentowanych, poprzez redukcję zawartości i aktywności wody, pozwala sterować adaptacją i rozwojem kultury startowej. Proces fermentacji odbywa się w dość wysokiej dla surowego mięsa temperaturze 15-26°C [Nefie-Skocińska i in., 2011; Wójciak i in., 2012; Libera i in., 2014;

Okoń i Dolatowski, 2014; Skwarek i Dolatowski, 2014]. Dochodzi wówczas do przyspieszonej hydrolizy tłuszczów i dużej kumulacji wolnych kwasów tłuszczowych w produkcie mięsnym, nawet do 18 mg KOH/g tłuszczu, czyli ok. 9% kwasu oleinowego. Ich obecność kształtuje aromat i zapach wędlin dojrzewających. Probiotyczne kultury startowe wpływają na stopień hydrolizy tłuszczu. Niektóre gatunki bakterii probiotycznych tj. *Bifidobacterium bifidum* przyspieszały proces tworzenia wolnych kwasów tłuszczowych, odpowiedzialnych za cechy sensoryczne wędlin długo dojrzewających [Libera, 2013].

Dobór kultur jest istotny również ze względu na zdolność drobnoustrojów, głównie bakterii mlekowych, do wytwarzania metabolitów o działaniu zarówno anty- jak i prooksydacyjnym. Niektóre gatunki *Lactobacillus* posiadają zdolność do wytwarzania reaktywnych form tlenu, np. nadtlenku wodoru. Inne zaś produkują oksydoreduktazy np. katalazę (enzym rozkładający m.in. nadtlenki, aldehydy i ketony) [Bozkurt i Erkmen, 2002]. Badania dotyczące aplikacji szczepu *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900 wykazały, że bakterie te ograniczały powstawanie nadtlenków w mięsnych produktach dojrzewających [Wójciak i in., 2012]. W wędzonkach surowych, z dodatkiem *Lactobacillus acidophilus* Bauer stwierdzono niską zawartość nadtlenków, porównywalną do próby z dodatkiem syntetycznego przeciwutleniacza [Libera 2013]. Ponieważ nadtlenki, czyli pierwotne produkty utleniania tłuszczu są nietrwałe, bardziej miarodajną, wydaje się ocena poziomu wtórnych produktów utlenienia tłuszczu, np. aldehydów. Ocena wskaźnika TBARS, czyli poziomu produktów reagujących z kwasem tiobarbiturowym, jest bardzo popularną metodą weryfikacji stopnia utlenienia w produktach żywnościowych. Wartości wskaźnika TBARS w surowo-dojrzewających wędlinach z probiotykami, zwykle nie przekraczają 3 mg dialdehydu malonowego w 1 kg wędliny [Wójciak i in. 2012; Libera 2013; Libera i in. 2014]. W baleronach fermentowanych *Bifidobacterium bifidum* po 10. miesiącu przechowywania stwierdzono 0,72 mg MDA/kg [Libera 2013], a w kielbasach z *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900 ok. 1,60 mg MDA/kg po 6. miesiącu przechowywania [Wójciak i in. 2012]. W produktach mięsnych zaszczerpionych mieszaniną bakterii probiotycznych, również stwierdzono niską intensywność procesów oksydacyjnych, a wartość wskaźnika TBARS wynosiła ok. 0,60 mg MDA/kg po trzech miesiącach chłodniczego przechowywania [Libera i in., 2014]. W kielbasach fermentowanych *Lactobacillus fermentum* i *Lactobacillus plantarum* stwierdzono znacznie wyższy poziom wskaźnika TBARS, ok. 6 mg MDA/kg [Bozkurt i Erkmen 2002; Ruiz-Moyano i in., 2011]. Wysokie wartości TBARS wynikają przypuszczalnie ze zwiększonej ilości nadtlenku wodoru wytwarzanego przez bakterie środowiskowe, który intensyfikuje procesy oksydacyjne [Bozkurt i Erkmen, 2002; Wójciak i in, 2012].

Wpływ bakterii probiotycznych na barwę surowo dojrzewających wędlin

Barwa jest pierwszym wyróżnikiem decydującym o jakości produktów mięsnych oraz preferencjach wyboru konsumenckiego. Główną przyczyną spadku udziału barwy czerwonej (parametru a^* barwy) w wyrobach surowo-dojrzewających jest kwas mlekowy, który może częściowo lub całkowicie denaturować barwniki hemowe, prowadzić do utlenienia centralnego atomu żelaza i powstania formy metmioglobiny [García-Marcos i in., 2002]. Według Brewera [2004], im niższe wartości pH, tym szybsza jest konwersja Fe^{2+} do Fe^{3+} w cząsteczce mioglobiny prowadząca do powstania formy $MbFe^{3+}$ i brązowego odcienia barwy. Powstały w wyniku tej reakcji brązowy lub szaro-brązowy odcień jest często związany z wyższymi wartościami parametru b^* barwy. Badania Skwarek i in. [2014] wykazały, że dodatek bakterii probiotycznych *Lactobacillus casei* LOCK 0900 wpłynął na uzyskanie wyższych wartości parametru czerwoności barwy (a^*) wyrobów po 28 dniach fermentacji oraz na hamowanie wzrostu parametru b^* barwy podczas naświetlania światłem dziennym. Kolejnym istotnym zagadnieniem trwałości wędlin surowo-dojrzewających jest stabilność barwy podczas przechowywania związanej z postępującymi przemianami dojrzewalniczymi takimi jak utlenianie tłuszczu, proteoliza oraz utlenienie formy nitrozomioglobiny. Zmiany barwy wyrobów podczas przechowywania są wynikiem wpływu działalności enzymów własnych, pochodzenia mikrobiologicznego, nadtlenu wodoru i innych procesów fizykochemicznych. Prawdopodobne jest, że reakcje mogą zachodzić szybciej, gdy liczba bakterii LAB i zawartość kwasu mlekowego jest wyższa. Skwarek i in. [2014] wykazali natomiast, że dodatek bakterii probiotycznych *Lactobacillus casei* LOCK 0900, mimo obniżenia wartości pH, wpłynął na uzyskanie wyższych wartości parametru czerwoności barwy wyrobów, nawet po 5 miesiącach przechowywania w warunkach próżniowych.

Cechy sensoryczne probiotycznych produktów fermentowanych

Istotnym aspektem produkcji probiotycznych produktów mięsnych jest korzystny wpływ na jakość sensoryczną. Zawartość wolnych aminokwasów jest często wskaźnikiem wpływu surowca i technologii na właściwości produktów. Stężenie wolnych aminokwasów ma wpływ na jakość oraz obecność związków odpowiedzialnych za bezpieczeństwo i cechy sensoryczne produktu [Toldra, 2006]. Okoń i Dolatowski [2014], zaobserwowali w próbie kontrolnej nadmierny rozpad aminokwasów, który mógł wpłynąć na obniżenie jakości sensorycznej polędwicy. Stwierdzili również wysoki poziom kwasu glutaminowego i alaniny w próbach probiotycznych, który pozytywnie wpływał na sensoryczny odbiór wyrobów przez oceniających. Wskazuje to również na ograniczenie zmian aminokwasów poprzez dekarboksylację do amin biogennych [Stadnik i Dolatowski, 2012]. W polędwicach probiotycznych występowało najwięcej wolnych niezbędnych aminokwasów (izoleucyna, leucyna, lizyna, metionina, treonina i walina)

po czwartym miesiącu przechowywania, w porównaniu do próby kontrolnej [Okoń i Dolatowski, 2014]. Może to być wynikiem ich gromadzenia dla zapewnienia rozwoju bakterii lub braku enzymów, głównie dekarboksylaz je rozkładających. Fadda i in. [1999] stwierdzili w swoich badaniach, że bakterie kwasu mlekowego przyczyniają się w różnym stopniu do uwalniania określonych aminokwasów. Wykazali, że *Lb. curvatus* wpływa na powstawanie dużych ilości kwasu glutaminowego, alaniny, histydyny, argininy i lizyny, natomiast *Lb. sake* wpływa na poziom kwasu glutaminowego, alaniny, kwasu gamma aminomasłowego, treoniny, leucyny, fenyloalaniny i ornityny. W badaniach innych autorów potwierdzono również podobne zmiany zawartości wolnych aminokwasów fermentowanych kiełbas wywołane kulturami startowymi [Casaburi i in., 2008]. Badania wpływu dodatku enzymów bakteryjnych o charakterze proteolitycznym i lipolitycznym na właściwości sensoryczne fermentowanych produktów mięsnych wykazały, że dodatek lipazy drobnoustroju *Mucor miehei* nie wpływa na poprawę cech sensorycznych, a dodatek lipazy z *Aspergillus* lub *Rhizomucor miehei* korzystnie wpływa na właściwości sensoryczne gotowego produktu. Zaobserwowano również poprawę profilu sensorycznego w wyrobach, w których wykorzystano dodatek proteinaz pochodzących z *Streptomyces griseus* i *Lactobacillus paracasei* ssp. *Paracasei* [Scannell i in., 2004].

Podsumowanie

Bakterie probiotyczne wykorzystane jako kultury startowe w produkcji surowo dojrzewających wędlin wpływające na ich właściwości fizykochemiczne, reologiczne i organoleptyczne. Stwierdzono, że wędliny te mogą wykazywać również fizjologiczne korzyści wynikające z ich konsumpcji. Potwierdza to zasadność wykorzystywania probiotyków w technologii innowacyjnych produktów mięsnych.

Literatura

- [1] Arihara K., Ohata M.: Use of probiotics and prebiotics in meat products. Processed Meats: Improving Safety, Nutrition and Quality, 2011, 403-417.
- [2] Bermúdez R., Franco D., Carballo J., Lorenzo J.M.: Physicochemical changes during manufacture and final sensory characteristics of dry-cured Celta ham. Effect of muscle type. Food Control, 2014, 43, 263-269.
- [3] Bozkurt H., Erkmén.: Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk). Meat Science, 2002, 61, 149-156.
- [4] Brewer S.: Irradiation effects on meat color – a review. Meat Science, 2004, 68, 1-17.
- [5] Casaburi A., Aristoy M., Cavella S., Di Monaco R., Ercolini D., Toldra F., Villani F.: Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. Meat Science, 2007, 76(2), 295-307.

- [6] Casaburi A., Di Monaco R., Cavella S., Toldrá F., Ercolini D., Villani F.: Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits. *Food Microbiology*, 2008, 25(2), 335-347.
- [7] Colindres P., Brewer M.S.: Oxidative stability of cooked, frozen reheated beef patties: effect of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011, 91, 963-968.
- [8] Di Cagno R., Cháves López C., Tofalo R., Gallo G., De Angelis M., Paparella A., Hammes W.P., Gobbetti M.: Comparison of the compositional, microbiological, biochemical and volatile profile characteristics of three Italian PDO fermented sausages. *Meat Science*, 2008, 79, 224-235.
- [9] Erkkilä S., Petäjä E., Eerola S., Lilleberg L., Mattila-Sandholm T., Suihko M-L.: Flavour profiles of dry sausages fermented by selected novel meat starter cultures. *Meat Science*, 2001, 58, 111-116.
- [10] Fadda S., Sanz Y., Vignolo G., Aristoy M-C., Oliver G., Toldra F.: Hydrolysis of pork muscle sarcoplasmic proteins by *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sake*. *Applied and Environmental Microbiology*, 1999, 578-584.
- [11] García-Marcos M.L., Rosmini M.R., Pérez-Alvarez J.A., Gago M.A., López-Santoveña F., Aranda V.: Curing agents effects in a dry-cured sausage model system during the mixing resting stage. *Proc. 42nd Int. Congr. Meat Science Technol. Lillehammer, Norway*, 2002, 11, 481-482.
- [12] Heller K.J.: Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter organisms. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2001, 2(73), 374-379.
- [13] Jahreis G., Vogelsang H., Kiessling G., Schubert R., Bunte C., Hammes W.P.: Influence of probiotic sausage (*Lb. paracasei*) on blood lipids and immunological parameters of healthy volunteers. *Food Research International*, 2002; 35, 133-138.
- [14] Khan M.I., Arshad M.S., Anjum F.M., Sameen A., Aneeq-ur-Rehman, Gill W.T.: Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*, 2011, 44, 3125-3133.
- [15] Klingberg T.D., Budde B.B.: The survival and persistence in the human gastrointestinal tract of five potential probiotic lactobacilli consumed as freeze-dried cultures or as probiotic sausage. *International Journal of Food, Microbiology*, 2006, 109, 157-159.
- [16] Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z.J.: Probiotic meat products and human nutrition. *Process Biochemistry*, 2012, 12(47), 1761-1772.
- [17] Larrea V., Hernando I., Quiles A., Lluch M., Perez-Munuera I.: Changes in proteins during Teruel dry-cured ham processing. *Meat Science*, 2006, 74(3), 586-593.

- [18] Libera J.: Ocena stabilności oksydacyjnej produktów mięsnych surowo dojrzewających po dziesięciomiesięcznym przechowywaniu. *Episteme. Czasopismo naukowo-kulturalne*, 2013, 21, t.II, 427-438.
- [19] Libera J., Sionek B., Dolatowski Z.J.: Wpływ probiotyków na wybrane parametry fizykochemiczne i mikrobiologiczne surowo dojrzewających baleronów podczas przechowywania, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2014, 577, 83-92.
- [20] Mora L., Fraser P.D., Toldrá F.: Proteolysis follow-up in dry-cured meat products through proteomic approaches. *Food Research International*, 2013, 54, 1292-1297.
- [21] Neffe-Skocińska K., Gierejkiewicz M., Kołożyn-Krajewska D.: Optymalizacja warunków procesu fermentacji polędwic surowo dojrzewających z dodatkiem bakterii probiotycznych. *ŻYWNOSĆ Nauka Technologia Jakość*, 2011, 6(79), 36-46.
- [22] Okoń A., Dolatowski Z.J.: Wpływ bakterii probiotycznych na profil wolnych aminokwasów i cechy sensoryczne polędwic wieprzowych surowo dojrzewających podczas przechowywania. *ŻYWNOSĆ Nauka Technologia Jakość*, 2014, 3 (94), 92-107.
- [23] Olmedilla-Alonso B., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F.J.: Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 2013, 95, 919-930.
- [24] Pomponio L., Ertbjerg P., Karlsson A. H., Costa L. N., Lametach R.: Influence of early pH decline on calpain activity in porcine muscle. *Meat Science*, 2010, 85, 110-114.
- [25] Rivas-Cañedo A., Fernández-García E., Nuñez M.: Volatile compounds in dry-cured Serrano ham subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. *Meat Science*, 2009, 82(2), 162-169.
- [26] Rivera-Espinoza Y., Gallardo-Navarro Y.: Non-dairy probiotic products. *Food Microbiology*, 2010, (27), 1-11.
- [27] Ruiz-Moyano S., Martin A., Benito M.J., Hernández A., Casquete R., Córdoba M.: Application of *Lactobacillus fermentum* HL57 and *Pediococcus acidilactici* SP979 as potential probiotics in the manufacture of traditional Iberian dry-fermented sausages. *Food Microbiology* 2011, 28, 839-847.
- [28] Rubio R., Aymerich T., Bover-Cid S., Guàrdia M.D., Arnau J., Garriga M.: Probiotic strains *Lb. plantarum* 299V and *Lb. rhamnosus* GG as starter cultures for fermented sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 2013, 54, 51-56.
- [29] Scannell A., Kenneally P., Arendt E.: Contribution of starter cultures to the proteolytic process of a fermented non-dried whole muscle ham product. *International Journal of Food Microbiology*, 2004, 93(2), 219-230.

- [30] Skwarek M., Dolatowski Z.J.: Wpływ bakterii probiotycznych na właściwości reologiczne szynek surowo dojrzewających. *ŻYWNOSĆ Nauka Technologia Jakość*, 2013, 3(88), 73-82.
- [31] Skwarek M., Dolatowski Z.J.: Wpływ naparu zielonej herbaty i sproszkowanej papryki na barwę probiotycznych szynek surowo dojrzewających. *ŻYWNOSĆ Nauka Technologia Jakość*, 2014, 3 (94), 108-122.
- [32] Stadnik J., Dolatowski Z.J.: Biogenic amines content during extended ageing of dry-cured pork loins inoculated with probiotics. *Meat Science*, 2012, 7(91), 374-377.
- [33] Toldrá F.: The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Science and Technology*, 2006, 17(4), 164-168.
- [34] Työppönen S., Petäjä E., Mattila-Sandholm T.: Bioprotectives and probiotics for dry sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 2003, (83), 233-244.
- [35] Wójciak K., Dolatowski Z., Kołożyn-Krajewska D., Trzaskowska M.: The effect of the *Lb. casei* LOCK 0900 probiotic strain on the quality of dry-fermented sausage during chilling storage. *Journal of Food Quality*, 2012, (35), 353-365.
- [36] Zhao G.M., Zhou G.H., Wang Y.L., Xu X.L., Huan Y.J., Wu J.Q.: Time-related changes in cathepsin B and L activities during processing of Jinhua ham as a function of pH, salt and temperature. *Meat Science*, 2005, 2, 381-388.

ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNYCH CHRUPK KUKURYDZIANYCH Z DODATKIEM MĄK Z SUROWCÓW NIEKONWENCJONALNYCH PODCZAS PRZECHOWYWANIA

AGNIESZKA KITA, ANNA PĘKSA, ALICJA KORYŚ

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu dodatków mąki z amarantusa lub topinamburu na właściwości chrupiek kukurydzianych podczas przechowywania. Materiałem użytym do badań były ekstrudowane chrupki kukurydziane z 10% dodatkiem mąk otrzymanych z surowców ekologicznych. Próbę kontrolną stanowiły chrupki bez dodatków. Wyroby kukurydziane po zapakowaniu w opakowania z folii polipropylenowej przechowywano w warunkach testu przyspieszonego (szała klimatyczna - 40°C i 80% RH) przez sześć tygodni. W świeżych oraz przechowywanych chrupkach kukurydzianych oznaczano: wilgotność, wodochłonność, rozpuszczalność, barwę i konsystencję - metodami instrumentalnymi oraz przeprowadzono ocenę sensoryczną.

Stwierdzono, że rodzaj dodatku (mąki z topinamburu lub amarantusa) wpływał na właściwości chrupiek po wyprodukowaniu oraz podczas przechowywania. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania wzrastała wilgotność chrupiek. Mniejsze zmiany wilgotności nastąpiły w chrupkach z dodatkami. W kolejnych tygodniach przechowywania zmianom ulegała konsystencja chrupiek. Większe zmiany konsystencji – zwiększenie twardości, nastąpiły w chrupkach z dodatkiem mąki z amarantusa. Dodatek ten wpłynął również na pociemnienie barwy gotowego produktu. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania, niezależnie od rodzaju dodatku, barwa chrupiek ulegała rozjaśnieniu. Wyroby kukurydziane wzbogacone w mąkę z topinamburu lub amarantusa charakteryzowały się odpowiednimi cechami sensorycznymi, które nie uległy istotnym zmianom podczas przechowywania.

Słowa kluczowe: chrupki kukurydziane, amarantus, topinambur, przechowywanie

Wprowadzenie

Chrupki kukurydziane należą do popularnych produktów przekąskowych, które ze względu na długi czas przydatności do spożycia powinny cechować się odpowiednimi właściwościami nie tylko bezpośrednio po wyprodukowaniu, ale i po kilku miesiącach przechowywania. Chrupki wytwarzane są głównie z mąki i skrobi kukurydzianej, mąki pszennej czy skrobi i puree ziemniaczanego. Są to wyroby o wysokiej zawartości skrobi, ale ubogie w składniki odżywcze takie

jak witaminy, aminokwasy, minerały czy błonnik [Brennan i in., 2012]. Cechy organoleptyczne oraz wartość odżywczą przekąsek można podnieść poprzez zastosowanie różnego rodzaju dodatków. Puszystość, delikatność, kruchość to cechy pożądane w produktach przekąskowych i aby je uzyskać stosuje się dodatek skrobi o dużym udziale amylopektyny [Obuchowski i Michniewicz, 1993]. Z kolei wzbogacanie produktów przekąskowych w białko, błonnik czy otręby zbożowe zwiększa ich wartość odżywczą, jednakże może pogorszyć cechy organoleptyczne chrupka, w różnym stopniu zależnie od rodzaju dodatku i warunków ekstruzji [Pęksa i in., 2007; Rytel i in., 2013; Wójtowicz i in., 2012].

Nowym rodzajem dodatków mogą być mąki z surowców niekonwencjonalnych takich jak bulwy topinambura czy nasiona amarantusa. Topinambur stanowi cenne źródło inuliny, witamin i składników mineralnych [Sawicka i Kalembasa, 2008]. Zawarte w bulwach fruktany wykazują działanie antykancerogenne i prebiotyczne, zapobiegają próchnicy [Cieślik i Gębusia, 2010]. Z kolei inulina działa ochronnie na jelito grube umożliwiając prawidłowe trawienie. Zmniejsza również insulinooporność [Mystkowska i Zarzecka, 2013]. Nasiona amarantusa, określanego jako roślina XXI wieku, charakteryzują się wysoką zawartością błonnika (trzykrotnie większą w porównaniu z ziarnami pszenicy i żyta). Zawierają skwalen – związek odpowiedzialny za opóźnianie procesów starzenia i wspomaganie systemu odpornościowego a w profilu tłuszczowym kwas GLA [Szwejkowska i Bielski, 2012].

Przechowywanie jest ważnym etapem w kształtowaniu jakości produktów przekąskowych, które trafiają do konsumenta zwykle po kilku lub kilkunastu tygodniach od momentu ich wyprodukowania. Badanie zmian właściwości produktów podczas przechowywania można prowadzić w warunkach standardowych bądź w warunkach krytycznych. Szybkie testy przechowalnicze prowadzi się zwykle w podwyższonej temperaturze i wilgotności powietrza, które przyspieszają tempo zachodzących przemian w przechowywanych produktach.

Celem badań było określenie wpływu dodatków mąki z amarantusa lub topinamburu na właściwości chrupka kukurydzianych podczas przechowywania w warunkach testu przyspieszonego.

Materiał i metody badań

Materiałem użytym do badań były przemysłowo wyprodukowane ekstrudowane chrupki kukurydziane z 10% dodatkiem niekonwencjonalnych mąk z surowców ekologicznych - amarantusa i topinamburu. Próbkę odniesienia stanowiły chrupki bez dodatków. Do wyprodukowania chrupka jako surowiec podstawowy użyto kaszkę kukurydzianą oraz susze w postaci mąki otrzymane w warunkach laboratoryjnych z takich surowców, jak amarantus (*Amaranthus cruentus*) odmiany Geltoniukiai oraz topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) odmiany Sauliai pochodzących z uprawy organicznej prowadzonej przez Agriculture and Food Sciences Institute w Aleksandras Stulginskis University na Litwie w 2013 roku.

Na podstawie wcześniejszych badań ustalono, że najkorzystniejszymi cechami charakteryzowały się chrupki, gdy ilość dodatku wynosiła 10%.

Wyroby po wyprodukowaniu zapakowano po 100 g w opakowania z przezroczystej folii polipropylenowej i przechowywano w warunkach testu przyspieszonego z zastosowaniem szafy klimatycznej (temperatura 40°C, wilgotność względna powietrza 80%). Przechowywanie prowadzono przez 6 tygodni co odpowiada 6 miesiącom przechowywania w warunkach standardowych, pobierając próby do analiz po każdym tygodniu przechowywania. Doświadczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach technologicznych.

W chrupkach po wyprodukowaniu oraz po każdym tygodniu przechowywania oznaczano wilgotność - metodą suszarkową [PN-A-88034:1998], wodochłonność i rozpuszczalność [Suksomboon i in., 2011], twardość - przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Instron 5544 z oprogramowaniem Merlin, barwę - przy użyciu spektrofotometru Konica-Minolta CM-5, wyznaczając parametry barwy L, a, b w skali Huntera [Rytel i in., 2013]. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono zmianę barwy ΔE ze wzoru:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_n)^2 + (a_0 - a_n)^2 + (b_0 - b_n)^2}$$

Chrupki poddano również ocenie organoleptycznej z wykorzystaniem 5 punktowej skali ocen (1- ocena najniższa, 5 - ocena najwyższa). W chrupkach oceniono barwę, konsystencję, wygląd/strukturę, smak i zapach. Oceny dokonał przeszkolony 10 osobowy zespół pracowników i studentów Wydziału Nauk o Żywności.

Wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu pakietu Statistica 10.0. Przeprowadzono analizę wariancji przy dwukierunkowej klasyfikacji dla dwóch zmiennych. Z zastosowaniem testu Duncana (na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$) wyznaczono grupy jednorodne oraz wartości NIR.

Wyniki i dyskusja

Jedną z istotnych cech gotowego wyrobu determinującą jego trwałość przechowalniczą jest wilgotność. Wilgotność decyduje o konsystencji, teksturze, chrupkości, a jej wzrost powoduje pogorszenie się właściwości chrupek co w konsekwencji sprawia, że produkt nie jest akceptowalny [Mazumder i in., 2007]. Chrupki przed przechowywaniem charakteryzowały się zawartością wody na poziomie 6-7% i rodzaj zastosowanego dodatku nie wpływał istotnie na ten parametr jakościowy. Podczas przechowywania chrupek w warunkach testu przyspieszonego w warunkach krytycznych (podwyższona wilgotność i temperatura) w opakowaniach z przezroczystej folii polipropylenowej, wilgotność wszystkich rodzajów chrupek uległa podwyższeniu przekraczając w próbie kontrolnej 11% po zakończeniu przechowywania (6 tygodni) (Tab. 1).

Tab. 1. Wilgotność, wodochłonność, rozpuszczalność chrupek kukurydzianych bez dodatków (K), 10% dodatkiem mąki z topinambury (T) i z 10% dodatkiem maki z amarantusa (A) podczas przechowywania w szafie klimatycznej przez 6 tygodni.

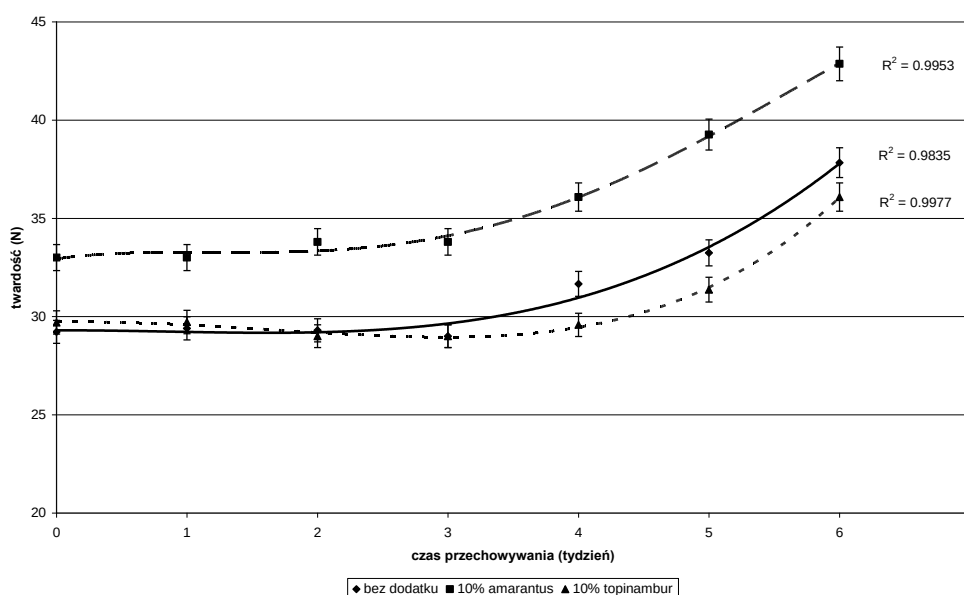
Czas przech. (tyg.)	Wilgotność (%)			Wodochłonność (cm ³ /g)			Rozpuszczalność (%)		
	K	T	A	K	T	A	K	T	A
0	7,00±0,05 ^b	6,46±0,02 ^a	7,28±0,08 ^c	4,20±0,00 ^b	3,90±0,14 ^a	4,80±0,00 ^{cde}	41,89±1,38 ^{hi}	44,38±0,00 ^{jk}	32,89±1,59 ^{ab}
1	7,86±0,04 ^d	7,37±0,10 ^c	8,11±0,03 ^e	4,70±0,14 ^{cde}	4,70±0,14 ^{cde}	5,00±0,28 ^e	38,68±0,85 ^{def}	37,33±0,43 ^{cde}	43,10±0,74 ^{ij}
2	8,77±0,01 ^f	8,24±0,01 ^e	8,85±0,08 ^f	4,50±0,14 ^c	4,70±0,14 ^{cde}	5,00±0,00 ^e	33,58±0,42 ^{ab}	37,63±0,2 ^{cde}	32,38±0,21 ^{ab}
3	9,46±0,13 ^g	8,87±0,06 ^f	9,47±0,14 ^g	4,90±0,14 ^{de}	4,80±0,00 ^{cde}	5,40±0,28 ^f	36,80±1,17 ^{cd}	38,22±1,06 ^{def}	34,25±0,11 ^b
4	10,22±0,0 ⁱ	9,62±0,15 ^g	9,88±0,22 ^h	4,60±0,00 ^{cd}	4,80±0,00 ^{cde}	5,50±0,14 ^f	38,68±0,64 ^{def}	41,00±0,32 ^{gh}	32,15±0,95 ^a
5	10,41±0,0 ^j	9,88±0,05 ^h	10,47±0,04 ⁱ	4,70±0,14 ^{cde}	4,60±0,00 ^{cd}	5,00±0,00 ^e	39,28±0,85 ^{efg}	39,65±0,32 ^{fg}	38,30±0,32 ^{def}
6	11,33±0,0 ^l	10,37±0,04 ^{ij}	10,92±0,0 ^k	4,60±0,00 ^{cd}	4,70±0,14 ^{cde}	4,90±0,14 ^{de}	40,84±1,38 ^{gh}	39,87±1,27 ^{fg}	36,05±0,74 ^c

a-h – jednakowe litery dla każdej cechy oznaczają grupy homogeniczne

Zarówno dodatek mąki z amarantusa jak i topinamburu obniżył tempo chłonięcia wody przez przechowywane produkty. W innym doświadczeniu, w którym testowi przechowalnictwu poddano chrupki kukurydziane wzbogacone 1,5% oraz 3% dodatkiem błonnika również obserwowano zwiększenie wilgotności chrupek w kolejnych dniach testu. Stwierdzono, że wyższa zawartość błonnika zwiększała zdolność wiązania wody przez przechowywane produkty [Malicki i in., 2006]. Większa absorpcja wody podczas przechowywania w szafie klimatyzacyjnej wywołana jest warunkami przechowywania i nie przekłada się bezpośrednio na zmiany wilgotności produktów przechowywanych standardowo wskazując jedynie tendencję zachodzących zmian [Kita i in., 2003]. Wpływ warunków przechowywania na właściwości ekstrudowanych chrupek ryżowych badali z kolei Siripatrawan i Jantawat [2008]. Podczas przechowywania chrupek przez 21 dni w różnych warunkach (30°C, 75% RH; 30°C, 85% RH; 40°C, 75% RH) wykazali zwiększanie wilgotności chrupek we wszystkich analizowanych wariantach. Stwierdzili, że zmiany zawartości wody uzależnione były nie tylko od warunków przechowywania lecz również od użytego opakowania.

Innymi cechami wpływającymi na tempo chłonięcia wody, a przez to trwałość przechowalniczą są wodochłonność i rozpuszczalność, których wyniki zamieszczono w tabeli 1. Najmniejszą zdolnością chłonięcia wody, przed przechowywaniem, charakteryzowały się chrupki z dodatkiem mąki z topinambura (3,90 cm³/g), a największą chrupki z dodatkiem mąki z amarantusa (4,80 cm³/g). Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania wodochłonność chrupek wzrastała,

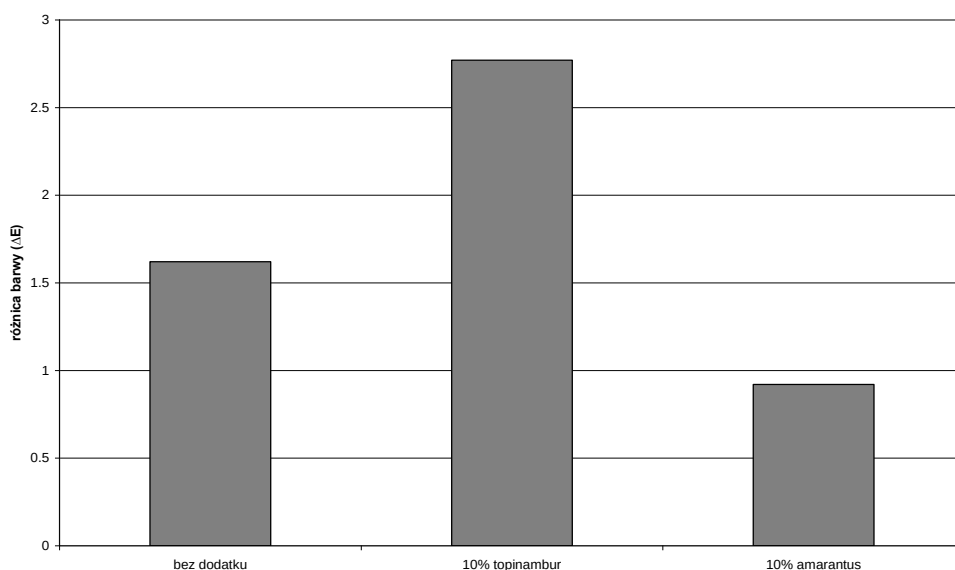
przy czym największe zmiany obserwowano w chrupkach z dodatkiem mąki z topinambura, które po zakończeniu przechowywania charakteryzowały się zdolnością chłonięcia wody na poziomie $4,70 \text{ cm}^3/\text{g}$. Chrupki różniły się istotnie rozpuszczalnością, która kształtowała się w zakresie od 32,89% (z amarantusem) do 44,38% (z topinamburem). Podczas przechowywania rozpuszczalność chrupiek z dodatkiem mąki z topinambura ulegała obniżeniu (o 4,51%), natomiast z dodatkiem mąki z amarantusa - podwyższeniu (o 3,16%). Stabilną rozpuszczalnością podczas całego okresu przechowywania charakteryzowały się jedynie chrupki bez dodatku (40,48% - 41,89%), co wskazuje że cecha ta uzależniona jest przede wszystkim od receptury.



Rys. 1. Zmiany twardości (N) chrupiek kukurydzianych bez dodatków (K), z 10% dodatkiem mąki z topinambury (T) i z 10% dodatkiem mąki z amarantusa (A) podczas przechowywania w szafie klimatycznej przez 6 tygodni.

Jedną z ważniejszych cech produktów przekąskowych jest chrupka i delikatna konsystencja. Wprowadzenie różnych dodatków wpłynęło na twardość wytworzonych chrupiek (Rys. 1). Chrupki z dodatkiem mąki z topinambura charakteryzowały się twardością na podobnym poziomie jak próba kontrolna, natomiast dodatek mąki z amarantusa zwiększył twardość chrupiek. Podczas przechowywania w szafie klimatyzacyjnej nastąpiło zwiększenie twardości wszystkich rodzajów produktów. Wywołane zmiany twardości związane były ze zwiększeniem wilgotności chrupiek, przy czym rodzaj zastosowanego dodatku nie wpływał na ten wyróżnik. Obserwowane zmiany konsystencji podczas przechowywania w warunkach podwyższonej wilgotności i temperatury były zbliżone z wynikami innych doświadczeń, w których przechowywanymi

produktami były inne wyroby przekąskowe - chipsy ziemniaczane i smażone chrupki ziemniaczane [Kita i Lisińska, 2004]. Kita i Lisińska [2004] zaobserwowały zwiększenie twardości chipsów ziemniaczanych w czasie przechowywania, na które wpłynęły rodzaj oleju i przede wszystkim zawartość wody. W innym doświadczeniu dotyczącym ekstrudowanych chrupek kukurydzianych wykazano, że ich twardość podczas przechowywania uzależniona była od sposobu wprowadzenia dodatku β -karotenu [Gaspar i in., 2012]. Zwiększenie twardości chrupek obserwowano tylko wówczas, gdy β -karoten dodawano do mieszanki przed ekstruzją.



Rys. 2. Różnica barwy chrupek kukurydzianych bez dodatków (K), z 10% dodatkiem mąki z topinambury (T) i z 10% dodatkiem mąki z amarantusa (A) po przechowywaniu w szafie klimatycznej przez 6 tygodni.

Kolejnym wyróżnikiem jakościowym wpływającym na pożądanłość konsumencką jest barwa gotowych produktów. Barwa chrupek uzależniona była od rodzaju zastosowanego dodatku (Tab. 2). Najjaśniejszą barwą (parametr L^*) charakteryzowały się chrupki bez dodatku ($L^*=74,47$), a najciemniejszą chrupki z dodatkiem mąki z amarantusa ($L^*=72,55$). Wprowadzenie do receptury dodatku mąki z amarantusa zwiększyło udział barwy czerwonej. Podczas przechowywania obserwowano zmiany barwy chrupek spowodowane głównie pojaśnieniem barwy. Największe zmiany barwy nastąpiły w chrupkach z dodatkiem mąki z topinamburu ($\Delta E = 2,77$), a najmniejsze w chrupkach z dodatkiem mąki z amarantusa ($\Delta E = 0,92$) (Rys. 2). Natomiast Shaviklo i in. [2011] oraz Gaspar i in. [2012] nie zaobserwowali istotnych zmian w barwie badanych wyrobów ekstrudowanych.

Tab. 2. Barwa (L, a, b) chrupek kukurydzianych bez dodatków (K), z 10% dodatkiem mąki z topinambury (T) i z 10% dodatkiem maki z amarantusa (A) podczas przechowywania w szafie klimatycznej przez 6 tygodni.

Czas przech. (tyg.)	L			a			b		
	K	T	A	K	T	A	K	T	A
0	74,47± 0,31 ^c	73,72± 0,65 ^{bc}	72,55± 0,99 ^a	4,93± 0,14 ^e	4,87± 0,14 ^e	6,03± 0,2 ^g	22,05± 0,76 ^{ef}	21,41± 0,34 ^{cd}	22,48± 0,62 ^g
1	75,59± 0,19 ^d	76,34± 0,91 ^{def}	73,70± 0,86 ^{bc}	4,53± 0,04 ^{cd}	4,30± 0,18 ^{ab}	5,74± 0,2f ^g	21,09± 0,05 ^{bc}	20,26± 0,34 ^{ab}	21,98± 0,23 ^{ef}
2	76,08± 0,66 ^d	76,70± 0,47 ^{def}	73,42± 0,92 ^{ab}	4,33± 0,21 ^{ab}	4,26± 0,15 ^{ab}	5,85± 0,28 ^{fg}	19,73± 0,76 ^a	20,37± 0,47 ^{ab}	21,96± 0,63 ^{ef}
3	77,06± 0,18 ^f	76,89± 0,23 ^{ef}	74,09± 0,50 ^{bc}	4,14± 0,00 ^a	4,17± 0,13 ^{ab}	5,59± 0,19 ^f	19,75± ±0,01 ^a	19,79± 0,74 ^a	20,86± 0,49 ^{bc}
4	76,31± 0,17 ^d	77,12± 0,34 ^f	74,36± ±0,21 ^c	4,48± 0,06 ^{ab}	4,19± 0,11 ^{ab}	5,58± 0,06 ^f	20,59± 0,33 ^{bc}	19,70± 0,43 ^a	20,87± 0,10 ^{bc}
5	76,57± 0,03 ^d	76,29± 0,33 ^{def}	73,18± 0,06 ^{ab}	4,36± 0,01 ^{ab}	4,49± 0,13 ^{bc}	5,86± 0,01 ^{fg}	20,37± 0,10 ^{ab}	20,88± 0,60 ^{bc}	21,80± 0,02 ^{de}
6	75,77± 0,40 ^{de}	76,33± 0,14 ^{def}	73,32± 0,20 ^{ab}	4,64± 0,11 ^{de}	4,45± 0,04 ^{ab}	5,97± 0,11 ^g	21,21± 0,24 ^{bc}	20,57± 0,18 ^{ab}	22,42± 0,29 ^{fg}

a-g – jednakowe litery dla każdej cechy oznaczają grupy homogeniczne

Chrupki poddano również ocenie organoleptycznej (Tab. 3). Wprowadzone do receptury chrupek dodatki wpłynęły na niektóre wyróżniki jakościowe chrupek - przede wszystkim strukturę oraz smak i zapach.

Tab. 3. Ogólna ocena organoleptyczna (punkty 1-5) chrupek kukurydzianych bez dodatków (K), z 10% dodatkiem mąki z topinambury (T) i z 10% dodatkiem maki z amarantusa (A) podczas przechowywania w szafie klimatycznej przez 6 tygodni.

Czas przech. (tyg.)	barwa			konsystencja			wygląd/struktura			smak			zapach		
	K	T	A	K	T	A	K	T	A	K	T	A	K	T	A
0	4,5 b	4,5 b	4,1 ab	4,6 c	4,0 abc	4,2 bc	4,3 a	3,8 a	4,4 a	4,1 a	3,9 a	4,0 a	4,0 a	3,6 a	3,8 a
1	3,7 ab	3,5 ab	4,3 ab	4,2 abc	4,3 abc	4,5 c	4,3 a	3,7 a	4,3 a	4,4 a	4,1 a	3,7 a	4,1 a	4,0 a	3,4 a
2	3,9 ab	3,6 ab	4,1 ab	4,5 c	4,2 abc	4,4 bc	4,2 a	3,8 a	4,2 a	4,0 a	3,8 a	3,8 a	3,9 a	4,1 a	3,5 a
3	4,0 ab	4,0 ab	3,4 a	4,1 abc	4,2 abc	4,1 abc	4,2 a	3,9 a	4,5 a	3,3 a	3,3 a	3,3 a	3,1 a	2,9 a	2,9 a
4	3,9 ab	3,8 ab	4,2 ab	4,2 abc	4,3 abc	3,7 ab	4,0 a	3,7 a	3,9 a	3,5 a	3,5 a	3,5 a	3,2 a	3,4 a	3,2 a
5	4,1 ab	4,0 ab	4,2 ab	4,0 abc	4,0 abc	3,5 ab	4,1 a	3,8 a	3,7 a	3,5 a	3,4 a	3,4 a	3,0 a	3,2 a	3,1 a
6	4,0 ab	4,3 ab	4,4 ab	4,0 abc	3,9 abc	3,4 a	4,0 a	3,8 a	3,9 a	3,6 a	3,2 a	3,2 a	3,3 a	3,3 a	3,1 a

a-c – jednakowe litery dla każdej cechy oznaczają grupy homogeniczne

Najlepszymi cechami charakteryzowały się chrupki z dodatkiem mąki z amarantusa. Również inni autorzy wykazali, że skład surowcowy ma istotny wpływ na ostateczną ocenę organoleptyczną gotowych chrupiek [Shaviklo i in., 2011]. Gambuś i in. [2000] porównywali jakość chrupiek otrzymanych z różnym dodatkiem otrębów zbożowych. Najlepiej ocenione zostały chrupki z dodatkiem otrębów pszenżytnich a gorzej gdy jako dodatek użyto otrębów żytnich. Warunki przechowywania wpłynęły na pogorszenie konsystencji oraz zapachu chrupiek, niezależnie od składu recepturowego, co związane było bezpośrednio ze zwiększaniem wilgotności. Uwzględniając ww. czynniki chrupki charakteryzowały się dobrą stabilnością przechowalniczą. Dodatek mąki z topinamburu bądź z nasion amarantusa nie pogorszył właściwości sensorycznych chrupiek podczas przechowywania.

Wnioski

1. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania wzrastała wilgotność chrupiek. Mniejsze zmiany wilgotności nastąpiły w chrupkach z dodatkami.
2. W kolejnych tygodniach przechowywania zmianom ulegała konsystencja chrupiek. Zwiększenie twardości w największym stopniu nastąpiło w chrupkach z dodatkiem mąki z amarantusa.
3. Dodatek maki z amarantusa wpłynął na pociemnienie barwy gotowego produktu. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania, niezależnie od rodzaju dodatku, barwa chrupiek ulegała rozjaśnieniu.
4. Chrupki kukurydziane wzbogacone w mąkę z topinamburu lub amarantusa charakteryzowały się odpowiednimi cechami sensorycznymi, które nie uległy istotnym zmianom podczas przechowywania.

Projekt współfinansowany ze środków NCBiR w ramach projektu badawczego E! 6855 ECORAW (E! 6855 /45/ NCBiR/2012)

Literatura

- [1] Brennan M.A., Brennan Ch.S., Derbyshire E., Tiwari K.: Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *International Journal of Food Science & Technology*, 2013, 48, 893-902.
- [2] Cieślik E., Gębusia A.: Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) - bulwa o właściwościach prozdrowotnych. *Postęp Nauk Rolniczych*, 2000, 3, 91-103.
- [3] Gambuś H., Golachowski A., Bala-Piasek A., Nowotna A., Surówka K., Mikulec A., Bania M.: Ocena jakości ekstrudowanych chrupiek z otrębów zbożowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, 4(25), 55-63.
- [4] Gaspar, M. C. M. P.; Soares, R. A. M.; Cardenas, T. C.; Lima, S. C. T. C.; Arêas, J. A. G: Effect of extrusion on β -carotene content and storage stability

- of corn and bovine lung snacks. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 2012, 23(4), 529-535.
- [5] Kita A., Michalski A., Lisińska G.: Analysis of the changes in the moisture of potato chips during storage using the logistic regression model. *Acta Agrophysica*, 2003, 2(2), 311- 320.
- [6] Kita A., Lisińska G.: Wpływ rodzaju tłuszczu smażalniczego na właściwości sensoryczne czipsów ziemniaczanych podczas przechowywania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 1(38), 55-64.
- [7] Malicki A., Brużewicz Sz., Kita A.: Porównanie trwałości mikrobiologicznej chrupiek kukurydzianych o różnej zawartości błonnika. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna-Suplement*, 2006, 71-74.
- [8] Mazumder P., Roopa B.S., Bhattacharya S.: Textural attributes of a model snack food at different moisture contents. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79, 511-516.
- [9] Mystkowska I., Zarzecka K.: Wartość odżywcza i prozdrowotna słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.). *Postępy Fitoterapii*, 2013, 2, 123-126.
- [10] Obuchowski W., Michniewicz J.: Możliwości oddziaływania na cechy produktu metodą ekstruzji. *Przegląd Zbożowo- Młynarski*, 1993, 11, 5-7.
- [11] Pęksa A.: Ekstruzja jako metoda produkcji wyrobów ekspandowanych. *Seminarium Naukowe WTN*, 2007, 6(57), 169-173.
- [12] PN-A-88034:1998. Chrupki – Metody badań.
- [13] Rytel E., Pęksa A., Tajner-Czopek A., Kita A., Zięba T., Gryszkin A.: Effect of addition of protein preparations on the quality of extruded maize extrudates. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2013, 2, 1776-1790.
- [14] Sawicka B., Kalembasa D.: Zmienność zawartości makroelementów w bulwach *Helianthus tuberosus* L. pod działaniem zróżnicowanego nawożenia azotem. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 2008, 7(1), 69-84.
- [15] Shaviklo RG., Thorkelsson G., Rafipour F., Sigurgisladottir S.: Quality and storage stability of extruded puffed corn-fish snacks during 6-month storage at ambient temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011, 91, 886-893.
- [16] Siripatrawan U., Jantawat P.: A novel method for shelf life prediction of a packaged moisture sensitive snacks using multilayer perceptron neural network. *Expert System with Applications*, 2008, 34, 1562-1567.
- [17] Suksomboon A., Limroongreungrat K., Sangnark A., Thititumjariya K., Noomhorm A.: Effect of extrusion conditions on the physicochemical properties of snack made from purple rice (Hom Nil) and soybean flour blend. *International Journal of Food Science and Technology*, 2011, 46, 201-208.
- [18] Szwejkowska B., Bielski S.: Wartość prozdrowotna nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). *Postępy Fitoterapii*, 2012, 4, 240-243.

- [19] Wójtowicz A., Pasternak E., Juśko S., Hodara K., Kozłowicz K.: Wybrane cechy jakościowe chrupek kukurydzianych z dodatkiem odtłuszczonych nasion lnu. *Acta Scientiarum Polonorum Technica Agraria*, 2012, 11(3-4), 25-33.

PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI EMULGUJĄCYCH SOJOWYCH I RZEPAKOWYCH PREPARATÓW LECYTYNOWYCH

DARIUSZ KOWALCZYK, TOMASZ CZERNECKI, MONIKA KARAŚ,
MICHAŁ ŚWIECA

Streszczenie

Właściwości powierzchniowo-czynne lecytyny powodują, iż stosowana jest jako emulgator poprawiający stabilność emulsji. Surowa lecytyna zawiera 60-70% fosfolipidów i 30-40% oleju. W zależności od sposobu dalszej obróbki, zawartość fosfatydów w końcowym produkcie może się znacznie różnić, co z kolei może być przyczyną zróżnicowania właściwości funkcjonalnych, w tym właściwości emulgujących. Dlatego celem niniejszych badań było porównanie zdolności emulgujących preparatów lecytynowych różniących się zawartością fosfolipidów oraz pochodzeniem botanicznym. Materiał do badań stanowiły preparaty sojowe i rzepakowe: lecytyna proszkowa, lecytyna płynna i proszek lecytynowy. Badania obejmowały oznaczenie zawartości fosfolipidów (substancji nierozpuszczalnych w acetonie, SNA) oraz określenie aktywności emulgowania (EA) i stabilności emulsji (ES) typu 30O/70W, 50O/50W, 70O/30W, zawierających 0,2 % dodatek preparatu lecytynowego.

Największą zawartością SNA charakteryzowały się lecytyny proszkowe (88,4 i 95,2%). Zawartość SNA w lecytynach płynnych (będących mieszaniną fosfolipidów i oleju) i proszkach lecytynowych (będących mieszkanką fosfolipidów i nośnika) wynosiła odpowiednio 72,1-73,5 i 46,7-50,1%. Dodatek lecytyny, niezależnie od rodzaju preparatu i typu emulsji, spowodował wzrost EA i ES ($p < 0,05$). Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem udziału fazy olejowej w emulsjach, lecytyna proszkowa i proszek lecytynowy wykazywały coraz większą EA. Sojowe preparaty lecytyny proszkowej i płynnej wykazywały wyższą zdolność emulgowania i stabilizowania emulsji (bez względu na rodzaj emulsji) aniżeli odpowiedniki rzepakowe. Związane było to z mniejszą wielkością kropeł oleju w emulsjach zawierających dodatek preparatu sojowego. Nie stwierdzono występowania zależności pomiędzy zawartością SNA a EA/ES.

Słowa kluczowe: lecytyna, aktywność emulgowania, stabilność emulsji

Wprowadzenie

Lecytyna jest złożoną mieszaniną nierozpuszczalnych w acetonie fosfatydów (60-70%), wśród których najistotniejszymi składnikami są fosfatydylocholina (PC), fosfatydyloetanolamina (PE), fosfatydyloseryna (PS) i fosfatydyloinozytol (PI),

oraz innych substancji takich jak triacyloglicerole i wolne kwasy tłuszczowe (30-40%) [Rutkowski i in., 2003].

Lecytyna jako składnik błon komórkowych jest obecna we wszystkich żywych organizmach i dlatego może być pozyskiwana z różnorodnych surowców. Na skalę przemysłową jej głównymi źródłami są żółtka jaja kurzego i nasiona roślin oleistych: soi, rzepaku i słonecznika. Lecytyna roślinna to produkt uboczny rafinacji oleju. Surowiec pochodzenia roślinnego zawiera stosunkowo mało fosfolipidów (<2,5% s.s.). Z kolei, w mleku pełnym i żółtku jaj zawartość fosfolipidów wynosi odpowiednio ~2,0 i 17,0% [Bueschelberger i in., 2015].

Lecytyna posiada właściwości amfifilowe. Wynika to ze specyficznej struktury chemicznej fosfolipidów: dwie grupy hydroksylowe glicerolu są zestryfikowane długołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi (część niepolarna), a trzecia reszta kwasu fosforowego (część polarna). Taka budowa powoduje, że cząsteczki fosfolipidów orientują się na granicy faz dwóch niemieszających się cieczy, np. oleju i wody. Tworząc monomolekularną warstwę fosfolipidy przyjmują na siebie "bycie granicą faz", a ponieważ ich powinowactwo do obu faz jest podobne, powodują znaczne obniżenie napięcia powierzchniowego i tym sposobem sprzyjają tworzeniu emulsji i nadają jej trwałość. Właściwości tworzenia emulsji przez różne rodzaje lecytyny zależą od jej liczby HLB (z ang. *Hydrophile-Lipophile Balance*) opisującej równowagę hydrofilno-lipofilną. Lecytyna może stabilizować emulsje typu O/W lub W/O [Rutkowski i in., 2003; Bueschelberger i in., 2015].

Lecytyna jest stosowana w technologii żywności, farmaceutyce i kosmetyce przede wszystkim jako substancja dyspergująca, emulgująca i stabilizująca. Wykazuje ona również właściwości przeciwutleniające, ponieważ lokalizując się na powierzchni kropeł tłuszczowych ogranicza ich kontakt z tlenem i innymi inicjatorami procesów oksydacyjnych [Frankel, 1998]. W Unii Europejskiej, lecytyna oznaczona jest kodem E 322 w listach dodatków do żywności. W przemyśle spożywczym zastosowanie lecytyny jest wielorakie. W produktach piekarskich przyczynia się do polepszenia właściwości miesienia i formowania ciasta, zwiększenia przypieku i objętości, oraz delikatności skórki. Wzmacnia gluten w mąkach pszennych i ogranicza czerstwienie pieczywa [Rutkowski i in., 2003; Sobieraj i in. 2003; Piesiewicz 2008]. Zmniejsza lepkość i obniża płynność masy czekoladowej, oraz umożliwia obniżenie udziału masła kakaowego. W produkcji margaryn, zapobiega zlewaniu się kropelek wody (koalescencji), przeciwdziała pRyskaniu tłuszczu w czasie smażenia oraz chroni β -karoten przed utlenianiem. W produkcji pełnego proszku mlecznego instant, dzięki lecytynie cząstki proszku tracą właściwości hydrofobowe i łatwiej ulegają rehydratacji [Rutkowski i in., 2003; Bueschelberger i in., 2015]. Należy również pamiętać, że lecytyna pozytywnie wpływa na zdrowie konsumentów. Jest ona wysoce bioaktywną substancją obecną w komórkach nerwowych, która ochrania je przed procesami zwyrodnieniowymi. W organizmie lecytyna jest częściowo metabolizowana do choliny, która jest niezbędna do syntezy ważnego

neuroprzekaznika – acetylocholinę, bierze udział w reakcjach transmetylacji oraz reguluje wzrost i funkcje komórek. Lecytyna zalecana jest w stanach napięcia nerwowego, ogólnego wyczerpania, okresie rekonwalescencji i przy osłabionej zdolności koncentracji. Wpływa ona pozytywnie na poziom tłuszczu i cholesterolu we krwi przez co zmniejsza ryzyko wystąpienia miażdżycy i związanych z nią chorób sercowo-naczyniowych [Waszkiewicz-Robak, 2005; Płaczek, 2012; Mrozowski, 2015]. Zastosowanie lecytyny w technologii farmaceutycznej obejmuje także sporządzanie leków pod postacią maści, kremów, emulsji i zawiesin [Kulawik i in., 2011].

W zależności od źródła pochodzenia, stopnia oczyszczenia lub modyfikacji chemicznej, lecytyna może różnić się konsystencją (od lepkiej mazistej do postaci proszku), barwą (od jasnożółtej do brązowej, w zależności od tego czy była poddana wybielaniu) oraz zapachem [Rutkowski i in., 2003]. Zmienny jest także udział poszczególnych fosfolipidów, a przez to właściwości chemiczne lecytyny [Płaczek, 2012]. Lecytyny nasion roślin oleistych (odolejony ekstrakt fosfolipidowy) mają stosunkowo zbliżony skład frakcji: PC (~25%), PE (22% - lecytyna sojowa i rzepakowa, 11% - lecytyna słonecznikowa), PI (15% - lecytyna sojowa i rzepakowa, 19% - lecytyna słonecznikowa). Z kolei skład lecytyny jaj kurzych jest następujący: 74% PC, 19% PE, 1% PI, 2% sfingomieliny, 3% lizofosfolipidy, 1% inne fosfolipidy. Lecytyny różnego pochodzenia różnią się także profilem kwasów tłuszczowych [Bueschelberger i in., 2015]. W porównaniu z lecytiną roślinną, lecytyna jajowa zawiera więcej nasyconych kwasów tłuszczowych (głównie palmitynowego i stearynowego) i mniej kwasu linolowego, przez co jest mniej podatna na procesy utleniania [Bueschelberger i in., 2015; Palacios i Wang, 2005].

Lecytynę surową modyfikuje się w celu uzyskania produktu dostosowanego do realizacji konkretnych zadań technologicznych. Stosując ekstrakcję acetonem i suszenie próżniowe, uzyskuje się lecytinę odolejoną. Ma ona konsystencję proszku lub substancji woskowej. Zawiera 90-95% lecytyny i <3% tłuszczu. Jej tzw. równowaga hydrofilno-lipofilna (HLB, z ang. *Hydrophile-Lipophile Balance*) wynosi 3-4, co oznacza że jest ona emulgatorem dla emulsji typu W/O [Rutkowski i in., 2003]. Enzymatyczna hydroliza fosfolipidów (za pomocą fosfolipazy A₂) pozwala uzyskać produkt o ulepszonych właściwościach emulgujących; im wyższy stopień hydrolizy tym mniejsza wielkość cząstek emulsji. Wykorzystując różną rozpuszczalność fosfolipidów w różnych rozpuszczalnikach, uzyskuje się lecytinę frakcjonowaną. Frakcja rozpuszczalna w alkoholu (PC, PE) ma zwiększone właściwości w emulsjach typu O/W, z kolei frakcja nierozpuszczalna w alkoholu (PI, kwasu fosfatydowy, PE) jest efektywniejsza w układach typu W/O. Chemiczne modyfikacje lecytyny obejmują wybielanie (działanie H₂O₂ z dodatkiem nadtlenu benzoilu), hydroksylację, acetylację, uwodorowanie. W celu uzyskania pożądanej lepkości (zwykle około 5-10 Pa·s, 25°C) lecytinę płynną miesza się z olejem. Płynna lecytyna może być

również rozpylona na nośnik. Uzyskany proszkowy produkt posiada korzystniejsze (synergistyczne) działanie technologiczne. Przykładowo mieszanka z laktozą lub sproszkowaną serwatką, przeznaczona dla przemysłu piekarniczego, oprócz korzyści wynikających z stosowania dodatku lecytyny zapewnia lepsze wybarwienie skórki pieczywa. Lecytyna rozpylona na nośniku zawiera zwykle 30-45% lecytyny, gdyż większa jej zawartość sprawia, że produkt staje się lepki i grudkowaty. Zwiększenie zawartości lecytyny można uzyskać stosując suszenie rozpyłowe emulsji złożonej z lecytyny i (np.) koncentratu serwatkowego. W tym przypadku lecytyna podlega inkapsulacji w proszkowej strukturze, co znacznie ułatwia jej dozowanie [Bueschelberger i in., 2015]. Ponadto zastosowanie jako nośnika hydrokoloidów teoretycznie powinno zwiększyć efektywność emulgującą lecytyny, ponieważ substancje te zwiększając lepkość ośrodka dyspersyjnego, zapobiegają migracji fazy olejowej, koalescencji i jej wydzielaniu się (śmietankowaniu) [Dickinson, 2009].

Celem niniejszych badań było porównanie właściwości emulgujących preparatów lecytinowych różniących się zawartością substancji nierozpuszczalnych w acetonie oraz pochodzeniem botanicznym.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy

W badaniach wykorzystano preparaty lecytinowe produkcji P.P.H.U. SOMAR (Wąchock, Polska), różniące się pochodzeniem botanicznym oraz zawartością substancji nierozpuszczalnych w acetonie (SNA), wg deklaracji producenta:

- sojowa i rzepakowa lecytyna proszkowa (95-97% SNA),
- sojowa i rzepakowa lecytyna płynna (min. 60% SNA),
- sojowy i rzepakowy proszek lecytinowy (40-45% SNA).

Szczegółowa specyfikacja właściwości fizyko-chemicznych preparatów lecytinowych jest dostępna na stronie producenta: www.lecytyna.com.pl.

Oznaczenie zawartości SNA

1g preparatu wytrząsano (Heidolph Unimax 1010) przez 30 min z 20 ml acetonu. Następnie mieszaninę wirowano (10 min, 2600 x g). Po zlanie supernatantu w/w czynności powtórzono. Na podstawie masy wysuszonego (25°C, 12h) osadu obliczono procentową zawartość SNA.

Oznaczenie aktywności emulgowania i stabilności emulsji [Rutkowski i Kozłowska, 1981]

Przygotowano trzy warianty emulsji na bazie wody i oleju sojowego (30O/70W, 50O/50W, 70O/30W) zawierających 0,2 % dodatek preparatu lecytinowego. Emulsje sporządzano stosując homogenizator mechaniczny (Pol-Eko H-500). Mieszanie składników (100 ml, 14000 obr./min, 1 min) prowadzono w temperaturze ~20°C. Próbkę odniesienia stanowiły emulsje bez dodatku lecytyny.

Wytworzoną emulsję rozdzielono do czterech probówek miarowych o objętości 10 ml, wirowano (2600 x g, 20 min), po czym odczytano objętość poszczególnych warstw. Aktywność emulgowania (EA, %) wyliczono ze wzoru:

$$EA = e \times 100 / f$$

gdzie: e - objętość warstwy zemulgowanej (ml),

f - objętość całkowita (ml).

W celu określenia trwałości emulsji, wytworzoną emulsję rozdzielono do czterech probówek miarowych o objętości 10 ml i ogrzewano przez 30 min w łaźni wodnej o temperaturze 80°C. Następnie próbki chłodzono w naczyniu z wodą (~15°C, 20 min), wirowano (2600 x g, 20 min), po czym odczytano objętość poszczególnych warstw. Stabilność emulsji (ES, %) wyliczono z wzoru:

$$ES = e \times 100 / f$$

gdzie: e - objętość warstwy zemulgowanej (ml),

f - objętość całkowita (ml).

Określenie wielkości kropeł olejowych

Niewielką ilość emulsji mieszano z oranżem metylovym w celu zabarwienia frakcji wodnej. Emulsje oglądano przy użyciu mikroskopu świetlnego (powiększenie 75x) wyposażonego w kamerę cyfrową. Średnicę kropeł emulsji z dodatkiem lecytyny proszkowej zmierzono za pomocą oprogramowania ELSA.

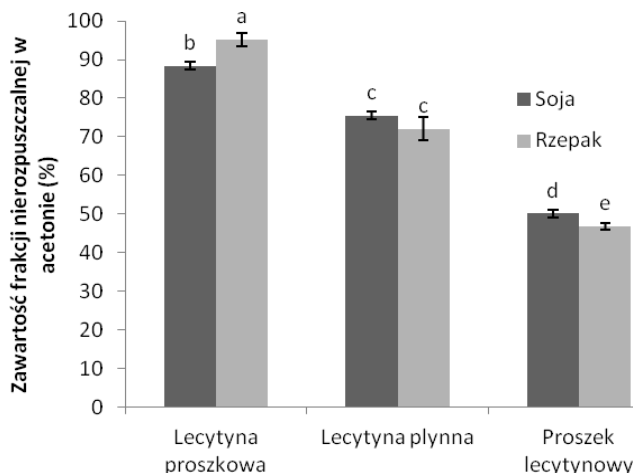
Analiza statystyczna

Badania wykonano w dwóch powtórzeniach. Przeprowadzono dwu- (zawartość SNA) i trzyczynnikową (EA, ES) analizę wariancji w programie Statistica 6.0 PL. Istotność różnic między średnimi weryfikowano testem Tukey'a na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Określono również współczynniki korelacji Pearsona między SNA a EA/ES.

Wyniki i dyskusja

Charakterystyczną cechą fosfolipidów jest to, że w przeciwieństwie do innych substancji lipidowych nie rozpuszczają się one w acetonie. Według norm określających wymagania organoleptyczne i fizykochemiczne stawiane lecytynie rzepakowej i sojowej [BN-81 8054-01, 1981; PN-A-86904:1998P], zawartość SNA powinna wynosić nie mniej niż 65%. Niniejsze badania wykazały, że spośród analizowanych preparatów tylko proszki lecytynowe nie spełniły w/w kryterium (Rys. 1), co wynika z faktu, że w ślad za deklaracją producenta produkty te są mieszaną fosfolipidów (otrzymywanych z lecytyny na drodze suszenia rozpyłowego) i nośników takich jak maltodekstryna, serwatka lub ich mieszanina. Największą zawartością SNA charakteryzowały się lecytyny proszkowe. Lecytyny płynne, będące mieszaniną fosfolipidów i oleju, miały o około 20% niższą zawartość SNA w porównaniu do lecytyń proszkowych, co jest zgodne ze specyfikacją producenta.

Dodatek lecytyny, niezależnie od rodzaju preparatu i typu emulsji, spowodował wzrost EA ($p < 0,05$, Tab. 1).



Rys. 1. Zawartość substancji nierozpuszczalnych w acetonie (fosfolipidów) w preparatach lecytynowych.

^{a-e} wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności $p = 0,05$.

Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem udziału fazy olejowej w emulsjach, lecytyna proszkowa i proszek lecytynowy wykazywały coraz większą EA. Przypuszczalnie było to związane z faktem, że lecytyna jest nierozpuszczalna w zimnej wodzie.

Tab. 1. Aktywność emulgowania (EA) analizowanych preparatów lecytynowych w różnych typach emulsji.

Preparat	EA (%)					
	30O/70W		50O/50W		70O/30W	
	Soja	Rzepak	Soja	Rzepak	Soja	Rzepak
Próba kontrolna	$0,50 \pm 0,07^a$		$0,50 \pm 0,00^a$		$1,19 \pm 0,26^a$	
Lecytyna proszkowa	$11,75 \pm 1,75^c$	$8,75 \pm 1,28^b$	$23,13 \pm 4,73^g$	$18,25 \pm 1,13^f$	$63,38 \pm 1,06^l$	$30,13 \pm 2,57^i$
Lecytyna płynna	$26,38 \pm 1,19^h$	$12,75 \pm 3,53^{cde}$	$53,00 \pm 1,93^k$	$21,44 \pm 4,79^g$	$15,06 \pm 3,47^e$	$18,31 \pm 5,34^f$
Proszek lecytynowy	$9,13 \pm 0,83^b$	$9,00 \pm 1,20^b$	$12,25 \pm 2,25^{cd}$	$14,31 \pm 1,58^{de}$	$33,31 \pm 0,80^j$	$31,19 \pm 1,75^{ij}$

Objaśnienia, jak pod Rys. 1.

Zwiększenie ilości oleju mogło zatem ułatwiać solubilizację i jednorodne dyspergowanie produktu lecytynowego, i w konsekwencji zwiększać efektywność działania. Niemniej jednak, lecytyna płynna, zarówno sojowa jak i rzepakowa, wykazywała największą EA w emulsji 50O/50W. W przypadku proszku lecytynowego, jego pochodzenie botaniczne nie miało wpływu na zróżnicowanie EA ($p > 0,05$). Z kolei sojowe preparaty lecytyny proszkowej i płynnej wykazywały wyższą zdolność emulgowania (bez względu na rodzaj emulsji) aniżeli odpowiedniki rzepakowe ($p < 0,05$). Przyczyną tego nie były różnice w zawartości SNA w preparatach. Jak przedstawiono w Tab. 3., brak jest zależności pomiędzy zawartością SNA a EA ($R^2 = 0,04$). Łatwość powstawania emulsji i trwałość emulsji powstałych z udziałem emulgatora są wypadkową wielu różnych zjawisk, m.in. obniżania napięcia powierzchniowego na granicy rozdziału faz, zapewniania odpowiedniej lepkości emulsji, zapobiegania zjawiskom starzenia się emulsji.

Emulsje są układami termodynamicznie niestabilnymi, które skłonne są do samorzutnego rozdzielania się faz. Wśród procesów destabilizacji emulsji należy wymienić: sedimentację, śmietankowanie, flokulację, koalescencję i dojrzewanie Ostwaldowskie [Huang i in., 2001]. W celu zwiększenia stabilności emulsji do układu wprowadza się substancje przeciwdziałające łączeniu się cząstek fazy rozproszonej, głównie środki zwiększające lepkość lub środki powierzchniowo czynne (emulgatory). W niniejszej pracy dodatek lecytyny, niezależnie od rodzaju zastosowanego preparatu, spowodował istotny wzrost trwałości badanych emulsji w porównaniu do próby kontrolnej (bez dodatku lecytyny) (Tab. 2).

Tab. 2. Wpływ dodatku preparatów lecytynowych na stabilność różnych typów emulsji.

Preparat	ES (%)					
	30O/70W		50O/50W		70O/30W	
	Soja	Rzepak	Soja	Rzepak	Soja	Rzepak
Próba kontrolna	$0,50 \pm 0,38^a$		$0,00 \pm 0,00^a$		$0,50 \pm 0,00^a$	
Lecytyna proszkowa	$21,19 \pm 2,20^h$	$6,56 \pm 0,98^{de}$	$22,56 \pm 4,42^h$	$12,13 \pm 2,10^g$	$7,93 \pm 0,78^{de}$	$8,75 \pm 1,04^{ef}$
Lecytyna płynna	$29,63 \pm 0,92^i$	$22,75 \pm 2,71^h$	$20,13 \pm 1,13^h$	$12,25 \pm 2,49^g$	$6,75 \pm 1,39^{cde}$	$7,06 \pm 1,05^{cde}$
Proszek lecytynowy	$10,88 \pm 1,36^{fg}$	$8,00 \pm 1,31^{def}$	$4,81 \pm 1,51^c$	$1,50 \pm 0,53^b$	$7,93 \pm 1,57^{de}$	$5,25 \pm 1,28^{cd}$

Objaśnienia, jak pod Rys. 1.

W układzie 30O/70W największą stabilność zapewniały lecytyny płynne. W emulsji typu 50O/50W najmniej skuteczne były proszki lecytynowe. Z kolei

w emulsji 70O/30W efektywność działania analizowanych preparatów lecytynowych była stosunkowo zbliżona (5,25-8,75%). Na uwagę zasługuje fakt, że nie zaobserwowano zależności pomiędzy zawartością SNA a ES ($R^2=0,13$, Tab. 3). W emulsjach typu 30O/70W i 50O/50W, preparaty pochodzenia sojowego zapewniały większą trwałość aniżeli uzyskane z rzepaku.

Tab. 3. Wartości współczynników korelacji (R^2) między SNA a EA/ES

Typ emulsji	30O/70W		50O/50W		70O/30W		Razem	
	EA	ES	EA	ES	EA	ES	EA	ES
SNA	0,02	0,05	0,08	0,58	0,07	0,46	0,04	0,13

Najprawdopodobniej przyczyną była mniejsza różnica w początkowej wielkości kropeł w emulsjach. Jest rzeczą ogólnie znaną, że wielkość i rozkład cząsteczek fazy rozproszonej, a także ich koncentracja są istotnym elementem nadającym emulsji odpowiednią stabilność [Huang i in., 2001]. Zgodnie z prawem Stokesa, większe cząstki zawieszone w płynie będą ulegały szybszemu śmietankowaniu. Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów, na przykładzie lecytyny proszkowej, średnia wielkość kropeł fazy olejowej w układach z dodatkiem preparatu sojowego była mniejsza niż w emulsjach z dodatkiem preparatu rzepakowego (Tab. 4). Ponadto zaobserwowano, że wraz ze wzrostem stężenia fazy olejowej średnica kropeł oleju zwiększała się.

Tab. 4. Wielkość kropeł oleju w emulsjach otrzymanych z dodatkiem proszków lecytynowych.

Typ emulsji	Rodzaj preparatu lecytynowego	Średnia wielkość kropeł oleju (mm)	Maksymalna wielkość kropeł oleju (mm)
30O/70W	sojowy	$0,13 \pm 0,06$	0,21
	rzepakowy	$0,19 \pm 0,23$	1,00
50O/50W	sojowy	$0,14 \pm 0,14$	0,93
	rzepakowy	$0,44 \pm 0,40$	2,52
70O/30W	sojowy	$0,43 \pm 0,60$	5,50
	rzepakowy	$1,32 \pm 1,48$	6,18

Wnioski

1. Wraz ze wzrostem udziału fazy olejowej w emulsjach, lecytyna proszkowa i proszek lecytynowy wykazywały coraz większą aktywność emulgowania.
2. 0,2% dodatek lecytyny, niezależnie od rodzaju zastosowanego preparatu, spowodował istotny wzrost trwałości badanych emulsji. Sojowe preparaty lecytyny proszkowej i płynnej wykazywały wyższą zdolność emulgowania

- i stabilizowania emulsji (bez względu na typ emulsji) aniżeli odpowiedniki rzepakowe.
3. Nie stwierdzono występowania zależności pomiędzy zawartością substancji nierozpuszczalnych w acetonie (fosfolipidów) a aktywnością emulgowania/stabilnością emulsji.

Literatura

- [1] BN-81/8054-01 Wyroby przemysłu olejarskiego. Lecytyna rzepakowa i sojowa, 1981.
- [2] Bueschelberger H.-G. Tirok S., Stoffels I. Schoeppe A.: Lecithins [In:] Emulsifiers in Food Technology (ed. Norn V.), Blackwell Publishing Ltd 2015.
- [3] Dickinson E.: Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. Food Hydrocolloids, 2009, 23, 1473-1482.
- [4] Frankel E.N.: Lipid oxidation, The Oily Press, Dundee, Scotland 1998, pp. 56–57.
- [5] Huang X., Kakuda Y., Cui W.: Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity, Food Hydrocolloids, 2001, 15, 533-542.
- [6] Kulawik A., Tal-Figiel B., Warzel M.: Lecytyna i jej rola w farmaceutycznych emulsjach suchych. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2011, 50 (5), 62-63.
- [7] Palacios L.E., Wang T.: Egg-yolk lipid fractionation and lecithin characterization, Journal of the American Oil Chemists' Society, 2005, 8, 571-578.
- [8] Mrozowski T.: Lecytyna – cudowna cząsteczka. Farmakoterapia (17.03.2015) <http://www.wydawnictwoapteka.pl/files/UserFiles/File/maj-pdf/19-21.pdf>.
- [9] Piesiewicz H.: Lecytyna – zastosowanie w piekarnictwie i cukiernictwie. Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2008, 2, 34-36.
- [10] Płaczek M.: Zastosowanie lecytyny w technologii leków pozajelitowych. Aptekarz Polski, 2012, 73(51), 32-38.
- [11] PN-A-86904:1998P Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Lecytyna rzepakowa i sojowa.
- [12] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K.: Kompendium dodatków do żywności, Hortimex, Konin 2003, str. 268-270.
- [13] Rutkowski A., Kozłowska H.: Preparaty żywnościowe z białka roślinnego Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1981.
- [14] Sobieraj I., Kucner M., Rawski J.: Oznaczenie stopnia świeżości pieczywa z dodatkiem lecytyny w proszku. Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2003, 51 (5), 2-5.

- [15] Waszkiewicz-Robak B.: Substancje prozdrowotne i biologicznie aktywne jako składniki żywności funkcjonalnej [W:] Naturalne dodatki do żywności. Polska Izba Dodatków do Żywności, Konin 2005.

KONCENTRATY BIAŁEK MICELARNYCH W PRODUKCJI NAPÓJÓW OWOCOWYCH

JAROSŁAW KOWALIK, BOGDAN DEC, ADRIANA ŁOBACZ, JUSTYNA
ŻULEWSKA

Streszczenie

Celem pracy było określenie możliwości zastosowania koncentratu kazeiny micelarnej do produkcji mlecznych napojów niefermentowanych. Koncentrat kazeiny micelarnej (koncentrat MF) uzyskano w procesie mikrofiltracji (MF) mleka odtłuszczonego w systemie ciągłym przy 4-krotnym współczynniku zagęszczenia. Do rozdziału zastosowano membranę ceramiczną o średnicy porów 0,1 μm . W trakcie procesu monitorowano skład fizykochemiczny retentatu i permeatu oraz natężenie przepływu permeatu.

Na bazie mleka odtłuszczonego oraz koncentratu MF wyprodukowano napoje mleczne o smaku truskawkowym i wiśniowym. Produkty zróżnicowano pod względem zawartości tłuszczu (0 i 2%) oraz białka (4,42% i 8,33%).

Otrzymane napoje poddano konsumenckiej ocenie organoleptycznej z zastosowaniem 9-stopniowej skali hedonicznej. Ocenie poddano 4 wyróżniki sensoryczne: smak, zapach, barwę i konsystencję.

Zastosowanie MF do frakcjonowania białek mleka stwarza możliwość uzyskania produktów o unikalnych właściwościach i szerokim spektrum zastosowań. Dotychczas, koncentrat kazeiny micelarnej jest głównie wykorzystywany w produkcji serowarskiej, niemniej jednak produkcja napojów na bazie koncentratu, bogatych w białko i wapń, otwiera kierunki rozwoju nowych produktów. Warunkiem niezbędnym do zakończonego sukcesem rozwoju nowego wyrobu jest włączenie konsumenta w ten proces. Konsumencka ocena organoleptyczna umożliwia zaprojektowanie produktu o pożądanych przez konsumentów cechach. Wśród ocenianych wariantów napojów największym uznaniem cieszył się produkt o smaku truskawkowym, zawartości tłuszczu 2% i zawartości białka 8,33%.

Słowa kluczowe: mikrofiltracja, napoje mleczne, koncentrat białek micelarnych

Wprowadzenie

Białka to wielkocząsteczkowe polimery zbudowane z reszt aminokwasowych, które połączone są między sobą wiązaniami peptydowymi - CONH -. Obecne są w każdym żywym organizmie i pełnią w nim funkcję przede wszystkim budulcową, zapasową, transportową i regulującą wiele procesów biochemicznych.

Ich udział w życiu organizmu jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania i rozwoju.

Konsumenci są coraz bardziej świadomi roli białek w codziennej diecie. Liczne badania wskazują, że diety wysokoproteinowe mogą wspomagać utrzymanie prawidłowej masy ciała, zwiększać wydajność i efektywność ćwiczeń siłowych oraz korzystnie stymulować przyrost masy mięśniowej.

Ważną rolę w żywieniu człowieka stanowią białka mleka ze względu na łatwą przyswajalność. Ponadto, mleko posiada unikalną kompozycję składników odżywczych takich jak: białka, tłuszcze, laktoza i związki mineralne. Białka zawarte w mleku można podzielić na dwie główne grupy: kazeina, która stanowi ok. 80% i białka serwatkowe stanowiące ok. 20% [Darewicz i Dziuba, 2005; Chojnowski i Dec 2008; Hurt i in., 2010]. Relatywnie niska cena produktów mleczarskich sprawia, że białka te są łatwo dostępne dla przeciętnego konsumenta.

Producenci maszyn i urządzeń dla przemysłu spożywczego oferują nowoczesne rozwiązania technologiczne, dzięki którym istnieje możliwość wdrożenia innowacji, polegających na optymalizacji kosztów produkcji, zwiększeniu wydajności, jak i uatrakcyjnieniu (pod względem sensorycznym i żywieniowym) oferty asortymentowej. Duże zainteresowanie przemysłu mleczarskiego ukierunkowane jest na pozyskiwanie koncentratów białek mleka, w tym w formie natywnej. W tym celu zastosowanie znajdują techniki membranowe [Tomita, 2000, Żulewska, 2010], które umożliwiają rozdzielenie poszczególnych składników mleka w zależności od ich wielkości lub masy cząsteczkowej [Kowalik, 2011].

Podstawowymi procesami membranowymi stosowanymi w przemyśle mleczarskim są: odwrócona osmoza (RO), nanofiltracja (NF), ultrafiltracja (UF) i mikrofiltracja (MF).

Proces RO wykorzystywany jest najczęściej do wstępnego zagęszczania mleka i serwatki. Nanofiltracja NF służy do częściowej demineralizacji i zagęszczania serwatki. Proces UF ma zastosowanie do frakcjonowania oraz zagęszczania mleka (produkcja koncentratów białek mleka, *ang.* Milk Protein Concentrate, MPC) i serwatki (produkcja koncentratów białek serwatkowych, *ang.* Whey Protein Concentrate, WPC).

Mikrofiltracja (MF) to proces rozdziału, którego siłą napędową jest różnica ciśnień po obu stronach membrany. Do najważniejszych kierunków zastosowań MF w przemyśle mleczarskim należą: usuwanie bakterii i przetrwalników z mleka oraz frakcjonowanie kazeiny micelarnej i białek serum [Żulewska i in., 2009]. W obu przypadkach rozdział bazuje na procesie fizycznym, którego podstawą jest różnica wielkości pomiędzy rozdzielanymi cząsteczkami (np. bakterie, białka) a porami membrany. Membrany MF stosowane do usuwania bakterii z mleka odtłuszczonego posiadają pory o średnicy 1,4 μm , w przypadku frakcjonowania białek stosuje się membrany o średnicy porów w zakresie od 0,1 do 0,2 μm [Chojnowski i Dec, 2008; Żulewska, 2010]. Usuwanie bakterii z mleka znalazło zastosowanie m.in. w produkcji mleka serowarskiego i mleka o przedłużonym

terminie przydatności do spożycia (np. mleko ESL). Frakcjonowanie białek metodą mikrofiltracji znajduje głównie zastosowanie w produkcji serowarskiej, niemniej jednak istnieje konieczność prowadzenia dalszych prac rozwojowych nad opracowaniem nowych wyrobów.

We wszystkich procesach rozdziału cząsteczki większe, które zostały zatrzymane przez membranę nazywane są „retentatem”, natomiast mniejsze przenikające przez nią „permeatem”. W literaturze traktującej o procesie mikrofiltracji stosuje się różne określenia dla produktów rozdziału mikrofiltracyjnego. W retentacie główną frakcją białek jest kazeina micelarna stąd też można stosować określenie koncentrat kazeiny micelarnej. Permeat, zaś jest bogaty w „białka serum” i nazywany jest „serwatką idealną” [Saboya i Maubois, 2000; Kowalik, 2011], mimo, że z procesem produkcji sera i serwatką nie ma nic wspólnego.

W procesie MF mleka odtłuszczonego na membranach o porach ok. $0,1\ \mu\text{m}$ uzyskuje się retentat będący koncentratem kazeiny micelarnej (*ang.* Micellar Casein Concentrate, MCC) o zredukowanej zawartości białek serum. Przy zastosowaniu membran ceramicznych (np. Membralox UTP lub GP) w czasie jednostopniowego procesu przy 3-krotnej koncentracji istnieje możliwość produkcji koncentratu kazeiny micelarnej o zredukowanej o ok. 60-65% zawartości białek serum. Zastosowanie dwóch kolejnych etapów MF (diafiltracja z rozcieńczeniem retentatu wodą RO) przyczynia się do dodatkowej redukcji zawartości białek serum. W rezultacie końcowy produkt (retentat) zawiera o 95% mniej białek serum [Żulewska, 2010].

MCC charakteryzuje się znakomitymi walorami w aspekcie korzyści żywieniowych i jest doskonałym źródłem białka i dobrze przyswajalnego wapnia. Kombinacja procesów membranowych daje możliwości kreowania nowych produktów mleczarskich, które mogą charakteryzować się różnorodnym składem chemicznym. Przykładem mogą być produkty zawierające więcej białka, mniej laktozy lub takie, w których obniżono zawartość tłuszczu a zwiększono zawartość białka (np. jogurty typu greckiego) [Nelson i Barbano, 2005; Żulewska, 2010; Kacprzak i Żulewska 2011; Kowalik, 2011].

Zasadniczą rolą przydatności kazeiny micelarnej jest jej kluczowy udział w procesach anabolicznych organizmu. Spożywanie takiej formy białek np. przez sportowców pomaga kontrolować i regulować pracę mięśni, a także sprzyja przyrostowi masy mięśniowej. Kazeina ma unikalną zdolność do tworzenia w żołądku skrzepu, dzięki czemu zapewnia powolne uwalnianie aminokwasów, które będąc obecne w organizmie uczestniczą w procesach anabolicznych w mięśniach.

Celem pracy była produkcja koncentratu kazeiny micelarnej z mleka odtłuszczonego metodą mikrofiltracji, produkcja napojów na bazie mleka i otrzymanego koncentratu oraz ocena konsumencka uzyskanych produktów.

Materiał i metody badań

Materiałem badanym były mleczne napoje niefermentowane, wyprodukowane na bazie koncentratu kazeiny micelarnej o różnej zawartości tłuszczu i białka.

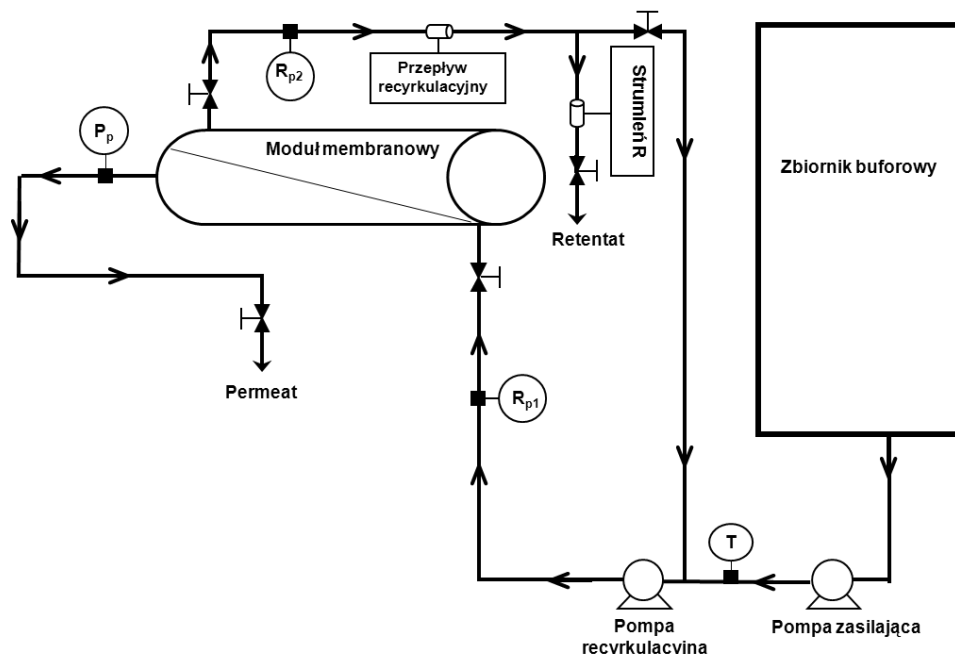
Surowcem do produkcji koncentratu było mleko surowe (150 L), które pozyskano z zakładu mleczarskiego Polmlek Sp. z o.o. (Lidzbark Warmiński). Przed procesem MF mleko zostało odtłuszczone i poddane procesowi pasteryzacji w temperaturze 72°C przez 15 s. Wszystkie procesy technologiczne wykonano w Hali Technologicznej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Mikrofiltracja

Proces separacji membranowej prowadzono w instalacji do mikrofiltracji (typ 16MFM00M, OBRAM) wyposażonej w membrany ceramiczne (wykonane z tlenku glinu) Membralox GP o nominalnej średnicy porów 0,1 µm. Stacja pilotowa wyposażona była w 3 membrany (typ 3P19-40/3R19-40, Pall Corp.) o długości 1020 mm i łącznej powierzchni wymiany 0,72 m². Trzy membrany w rurowej konfiguracji zainstalowane zostały wertykalnie w module ze stali nierdzewnej. Każda membrana posiadała 19 kanałów o średnicy 4 mm.

Proces mikrofiltracji mleka odtłuszczonego prowadzono w systemie ciągłym z zastosowaniem 4X współczynnika zagęszczenia w temperaturze 50°C. W czasie trwania procesu co 15 minut badano instrumentalnie (MilkoScan FT2, Foss) skład retentatu oraz permeatu, co pozwoliło na monitoring składu w trakcie trwania procesu. Próbkę pobierano bezpośrednio z króćców wylotowych retentatu i permeatu. W trakcie trwania procesu dokonano pomiaru natężenia przepływu retentatu (kg/h) oraz strumienia permeatu (kg/h/m²), pomiaru dokonywano poprzez kontrolę masy produktów rozdziału w czasie 1 min. Materiał do badań pobierano w 15-sto minutowych odstępach czasowych. Całkowity czas trwania procesu wynosił 2 h. Po zakończeniu procesu całość retentatu wymieszano w zbiorniku i analizowano pod względem składu białkowego metodą Kjeldahla: białko ogółem, azot niekazeinowy i azot niebiałkowy (odpowiednio AOAC 2007, metoda 991.20; 33.2.11; metoda 998.05; 33.2.64; metoda 991.21; 33.2.12).

Proces mikrofiltracji polegał na przetłaczaniu cieczy ze zbiornika zasilającego za pomocą pompy o funkcji zasilająco-cyrkulującej do jednostki filtracyjnej - membrany. Układ wyposażony był w dodatkową pompę cyrkulacyjną (Rys. 1). Umożliwiło to ciągłe pobieranie cieczy ze zbiornika zasilającego oraz podawanie jej do jednostki membranowej. Podczas trwania procesu odbierano retentat oraz permeat, a jednocześnie dostarczano za pomocą pompy zasilającej nowy strumień surowca.



Rys. 1. System do mikrofiltracji mleka odtłuszczonego (membrana ceramiczna). Instalacja umożliwia pomiar podczas trwania procesu: temperatury (T), ciśnienie wlotowe retentatu (R_{p1}), ciśnienie wylotowe retentatu (R_{p2}), ciśnienie wylotowe permeatu (P_p), przepływ recyrkulacyjny (L/min) oraz natężenie przepływu retentatu (Strumień R) (L/min)

Produkcja napojów mlecznych

Napoje o różnej zawartości tłuszczu i białka przygotowano w dwóch wariantach smakowych: truskawkowym i wiśniowym. Wybrane wersje smakowe napojów otrzymywano poprzez dodatek zagęszczonych soków (Herbapol) w ilości 25 ml na 200 ml retentatu. Napoje różnicowano pod względem zawartości tłuszczu: 0% i 2% tłuszczu. Do normalizacji zawartości tłuszczu zastosowano śmietankę o zawartości tłuszczu 37% uzyskaną po procesie wirowania mleka surowego. Mleczne napoje sporządzono na bazie retentatu mikrofiltracyjnego o zawartości białka 4,42% i 8,33%. Na potrzeby produkcji napojów o różnej zawartości białka część retentatu 4X rozcieńczono permeatem MF w stosunku objętościowym 1:1 w celu uzyskania 2X stopnia zagęszczenia, co odpowiadało zawartości białka 4,42% (odczyt z MilkoScanu). Ponadto, w celach porównawczych przygotowano napoje smakowe (truskawkowe i wiśniowe) na bazie mleka odtłuszczonego.

Wszystkie napoje sporządzono w butelkach szklanych (Schott), które spasteryzowano w łaźni wodnej (Memmert), w temp. 90°C przez 15 s. Napoje przechowywano w warunkach chłodniczych (4°C) do czasu przeprowadzenia oceny organoleptycznej (maksymalnie 24 h).

Ocena organoleptyczna

Napoje poddano ocenie przez grupę 20 konsumentów. Respondenci biorący udział w badaniach byli studentami Wydziału Nauki o Żywności UWM w Olsztynie w wieku 20-25 lat.

Arkusze oceny sporządzono według PN-ISO 4121:1998 dotyczącej metodologii oceny produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania. Ocenie poddano 4 wyróżniki sensoryczne: smak, barwa, zapach i klarowność. Próbkę napojów zakodowano. Każdy respondent dokonał oceny 10 produktów, przy czym każdy wariant smakowy był oceniany oddzielnie. Każdą cechę oceniano na 9-cio punktowej skali hedonicznej wyrażającej stopień pożądalności danej cechy.

Wyniki i dyskusja

Wydajność procesu

Podczas procesu odnotowano zmniejszanie natężenia przepływu retentatu z poziomu 0,88 kg/min (początek procesu) do 0,45 kg/min (koniec procesu - 120 min). W przypadku permeatu zanotowano spadek z poziomu 1,30 kg/min do wartości 0,87 kg/min. Wydajność procesu membranowego określana jest poprzez pomiar strumienia permeatu, określającego ilość (kg lub l) permeatu przenikającego w jednostce czasu (h) przez jednostkę powierzchni membrany (1 m²). W trakcie trwania procesu, nastąpiło zmniejszenie strumienia permeatu (początkowa wartość 108,33 kg/h/m², wartość końcowa 72,5 kg/h/m²). Spadek ten mógł być spowodowany zjawiskiem zarastania membran (*ang.* fouling) [Hurt i Barbano, 2010; Żulewska i Barbano, 2013; Tom i in., 2014].

Analizy fizykochemiczne

Mleko odtłuszczone charakteryzowało się następującym składem: zawartość tłuszczu 0,03%, białka 3,50% (w tym kazeina 2,75%), laktozy 4,93%, suchej masy 9,20% oraz gęstością $d=1,031 \text{ g/cm}^3$ i kwasowością miareczkową 7,35°SH. Świeże mleko charakteryzuje się kwasowością w zakresie 6,5-7,5°SH, zaś gęstość powinna wynosić 1,028-1,033 g/cm³ [Jurczak, 2005]. Na tej podstawie można stwierdzić, że jakość surowca do badań była odpowiednia.

W Tab. 1 przedstawiono charakterystykę składu białkowego mleka i retentatu. W wyniku procesu MF uzyskano częściowy rozdział frakcji białkowych mleka: kazeiny micelarnej i białek serum. Analiza instrumentalna zawartości poszczególnych składników w retentacie pozwoliła na monitoring procesu. Zawartość białka, w tym kazeiny ulegała stopniowemu zwiększeniu w trakcie trwania procesu (Tab. 2). Przy zadanym współczynniku zagęszczenia zawartość białka w retentacie powinna utrzymywać się na stałym poziomie. Natomiast wzrost

zawartości białka w retentacie może świadczyć o postępującym zjawisku zarastania membran.

Tab. 1. Skład mleka, retentatu i permeatu otrzymanych metodą MF mleka odtłuszczonego z zastosowaniem membran ceramicznych o średnicy porów 0,1 µm

	Składniki ¹					
	Białko ogółem [%]	Azot niekazeinowy x 6,38 [%]	Azot niebiałkowy x 6,38 [%]	Białko właściwe [%]	Kazeina [%]	Białka serum [%]
Mleko odtłuszczone	3,5026	0,7534	0,1972	3,3054	2,7492	0,5562
Retentat 4X	8,3332	1,4699	0,2050	8,1282	6,8633	1,2649

¹ Białko ogółem = azot ogółem x 6,38; białko właściwe = (azot ogółem – azot niebiałkowy) x 6,38; kazeina = (azot ogółem – azot niekazeinowy) x 6,38; białka serum = białko właściwe - kazeina

Tab. 2. Skład retentatu podczas procesu MF

Czas [min.]	Białko [%]	Tłuszcz [%]	Laktoza [%]	Kazeina [%]
0	6,80	0,00	4,60	5,29
15	7,64	0,00	4,65	6,06
30	7,59	0,00	4,76	6,06
45	8,45	0,00	4,83	6,81
60	9,01	0,00	4,86	7,31
75	9,91	0,00	4,89	8,11
90	10,95	0,00	4,88	8,99
105	11,49	0,00	4,87	9,47
120	11,85	0,00	4,86	9,75
końcowy skład	8,73	0,00	4,78	7,04

Konsumencka ocena organoleptyczna

W badaniach konsumenckich uzyskanych napojów oceniono 4 cechy sensoryczne: smak, zapach, barwę i konsystencję. Wyniki ankiet umożliwiły określenie preferencji konsumentów wobec napojów smakowych oraz wskazanie wariantów bardziej i mniej pożądanых. Wyniki ankiet przedstawiono w Tab. 3 i 4. Dodatkowo jako punkt odniesienia przygotowano napoje na bazie mleka odtłuszczonego.

Tab. 3. Wyniki oceny konsumenckiej (n=20) napojów o smaku truskawkowym na bazie mleka i retentatów z mleka po procesie mikrofiltracji

Wyróżnik	Wariant próbki ¹									
	Mleko		Retentat		Retentat		Retentat		Retentat	
	T 0%	B 3,50%	T 0%	B 4,42%	T 2%	B 4,42%	T 0%	B 8,33%	T 2%	B 8,33%
smak	4,0		5,5		4,2		4,1		3,7	
barwa	4,6		4,2		3,5		4,3		5,0	
zapach	5,1		4,2		4,0		4,5		4,2	
konsystencja	3,7		3,7		3,8		4,1		5,2	
średnia arytmetyczna	4,35		4,4		3,87		4,25		4,52	

¹ T - zawartość tłuszczu; B - zawartość białka

Tab. 4. Wyniki oceny konsumenckiej (n=20) napojów o smaku wiśniowym na bazie mleka i retentatów z mleka po procesie mikrofiltracji

Wyróżnik	Wariant próbki ¹									
	Mleko		Retentat		Retentat		Retentat		Retentat	
	T 0%	B 3,50%	T 0%	B 4,42%	T 2%	B 4,42%	T 0%	B 8,33%	T 2%	B 8,33%
smak	3,6		4,0		4,0		3,9		3,9	
barwa	3,5		3,2		4,2		3,9		4,3	
zapach	3,6		3,9		3,7		4,2		4,3	
konsystencja	4,0		3,3		3,2		3,9		4,8	
średnia arytmetyczna	3,67		3,6		3,77		3,97		4,32	

¹ T - zawartość tłuszczu; B - zawartość białka

Na podstawie wskazań respondentów stwierdzono, że napoje z dodatkiem soku truskawkowego były bardziej atrakcyjne pod względem wszystkich czterech ocenianych cech. Wynik (średnia arytmetyczna) oceny napojów o smaku truskawkowym (uwzględniając wszystkie warianty składu), wyniósł 4,3 pkt. w 9-cio punktowej skali hedonicznej, co stanowiło o 0,4 pkt. więcej niż dla smaku wiśniowego.

Biorąc pod uwagę zawartość tłuszczu, napoje na bazie mleka odtłuszczonego i koncentratu kazeiny micelarnej o zawartości tłuszczu 0% i białka 4,42% uzyskały podobne oceny dla obydwu wersji smakowych. Napoje na bazie koncentratu kazeiny micelarnej o zawartości tłuszczu 2% uzyskały wyższe oceny ankietowanych niezależnie od zawartości białka (4,42% i 8,33%) czy wersji smakowej (truskawka i wiśnia). Przy czym wyjątkiem był napój truskawkowy o zawartości białka 4,42% i tłuszczu 2%, który uzyskał niższą ocenę aniżeli napój analogiczny o zawartości tłuszczu 0%.

Analizując wszystkie oceniane cechy, najwyższe oceny uzyskały obydwa warianty smakowe o zawartości białka 8,33% i zawartości tłuszczu 2%. Najniższą oceną uzyskał napój wiśniowy o zawartości białka 4,42% i zawartości tłuszczu 0%.

Według oceniałących, napoje na bazie koncentratu kazeiny micelarnej charakteryzowały się korzystniejszym zapachem, jednak smak i barwa napoju na bazie mleka była bardziej pożądana.

Ważnym czynnikiem decydującym o wyborze produktu jest jego wygląd. Kolejnymi istotnymi cechami są: smak, zapach, struktura, kształt, konsystencja i tekstura. Producenci żywności mają świadomość istotności wymienianych cech, efektem czego jest dbałość o całokształt wrażeń charakteryzujących ich produkt. Mleko jest doskonałym prekursorem ważnych składników dla organizmu ludzkiego, a pozyskiwane z niego białka cechują się bardzo dobrymi właściwościami funkcjonalnymi umożliwiającymi zastępowanie w żywności wielu „sztucznych” dodatków.

W badaniach wykazano możliwość produkcji wyrobów o podwyższonej zawartości białka na bazie retentatu po procesie mikrofiltracji o korzystnych cechach sensorycznych. Produkcja wyrobów o zwiększonej zawartości białka wpływa na poprawę ich cech funkcjonalnych, zwiększenie wartości odżywczej oraz ogólnej atrakcyjności, a ponadto stanowi odpowiedź na rosnące zainteresowanie konsumentów tego typu produktami. Wzrasta świadomość konsumentów dotycząca odżywiania i coraz więcej osób racjonalnie wybiera produkty oraz komponuje dietę. Dużego znaczenia w tym aspekcie nabiera zapewnienie konsumentowi szerokiego asortymentu produktów o zróżnicowanych właściwościach i cechach, dzięki czemu konsument może dopasować produkty do swoich indywidualnych potrzeb i wymagań.

Wnioski

1. W wyniku przeprowadzonego rozdziału mleka za pomocą procesu MF wyprodukowano koncentrat białek o 4X współczynniku zagęszczenia. Zawartość kazeiny w retentacie po zakończonym procesie wynosiła 6,86%.
2. Ocena organoleptyczna wykazała, że napoje z dodatkiem soku truskawkowego były bardziej atrakcyjne pod względem wszystkich ocenianych cech niż produkt z dodatkiem soku wiśniowego.
3. Spośród wyprodukowanych napojów mlecznych najwyższe oceny uzyskały obydwa warianty smakowe (truskawka i wiśnia) o podwyższonej zawartości tłuszczu (2%) i zawartości białka na poziomie 8,33%. Najniższe oceny ankietowani przyznali natomiast próbkom napoju wiśniowego o zmniejszonej zawartości tłuszczu (0%) i zawartości białka 4,42%.

Praca współfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu nr 2011/03/B/NZ9/05159.

Literatura

- [1] AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- [2] Chojnowski W., Dec B.: Mleczarstwo, tom 1, red. S. Ziajka, Wydawnictwo UWM, Olsztyn 2008.
- [3] Darewicz M., Dziuba J.: Struktura a właściwości funkcjonalne białek mleka. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, 2(43), 187-199.
- [4] Hurt E., Barbano D.M.: Processing factors that influence casein and serum protein separation by microfiltration. Journal of Dairy Science, 2010, 93, 4928-4941.
- [5] Hurt, E., Żulewska J., Newbold M., Barbano D.M.: Micellar casein concentrate production with a 3X, 3-stage UTP ceramic membrane process at 50°C. Journal of Dairy Science, 2010, 93, 5588–5600.
- [6] Jurczak M.E.: Mleko, produkcja, badanie, przerób, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2005.
- [7] Kacprzak J., Żulewska J.: Ocena możliwości zastosowania koncentratu kazeiny micelarnej uzyskanego poprzez mikrofiltrację mleka odtłuszczonego. Żywność Projektowana - Designed Food pod red. Walczycka M., Duda-Chodak A., Jaworska G., Tarko T. Część I, Wydawnictwo: Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków 2011, 107-123.
- [8] Kowalik J.: Procesy membranowe w przemyśle mleczarskim. Forum Mleczarskie Biznes, 2011, 3, 12-15.
- [9] Nelson B.K., Barbano D.M.: A microfiltration process to maximize removal of serum protein from skim milk before cheese making. Journal of Dairy Science, 2005, 88, 1891-1900.

- [10] PN-ISO 4121:1998, Analiza sensoryczna, Metodologia, Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- [11] Saboya, L.V., Maubois J.L.: Current development of microfiltration technology in the dairy industry. *Lait*, 2000, 80, 541-553.
- [12] Tom T. J., Wang D., Moraru C.: A physiochemical investigation of membrane fouling in cold microfiltration of skim milk, *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(8), 4759-71.
- [13] Tomita M.: New Technologies and their application in the milk industry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2000, 13(Suppl.), 376-382.
- [14] Żulewska J., Barbano D.M.: Influence of casein on flux and passage of serum proteins during microfiltration using polymeric spiral-wound membranes at 50°C. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96, 2048–2060.
- [15] Żulewska J., Newbold M., Barbano D.M.: Efficiency of serum protein removal from skim milk with ceramic and polymeric membranes at 50°C. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92, 1361-1377.
- [16] Żulewska J.: Mikrofiltracja – frakcjonowanie białek mleka. *Przemysł Spożywczy*, 2010, 26-29.

STUDIA NAD METODĄ OCENY WARTOŚCI TECHNOLOGICZNEJ ZIARNA PSZENICY ZWYCZAJNEJ

EWELINA KUZAWIŃSKA, ZBIGNIEW RZEDZICKI, PIOTR ZARZYCKI,
ALDONA SOBOTA, ANNA WIRKIJOWSKA, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA

Streszczenie

Celem pracy była weryfikacja metody oceny wartości technologicznej tj. wartości przemiałowej i wypiekowej wybranych odmian pszenicy zwyczajnej. Materiał badawczy stanowiły mąki otrzymane z przemiału 4 odmian pszenicy, należących według COBORU do różnych grup jakościowych (A, B, C). Ziarno pszenicy pochodziło z upraw przy zastosowaniu dwóch poziomów agrotechniki: podstawowego Agr 1 i zaawansowanego Agr 2. Badania wartości technologicznej obejmowały określenie: wyciągu, popiołowości, wilgotności, ilości i jakości glutenu oraz liczby opadania. Wartość wypiekową weryfikowano próbnym wypiekiem laboratoryjnym (metodą jednofazową). Uzyskane pieczywo ważono w celu obliczenia całkowitej straty piecowej i wydajności. Zmierzono objętość pieczywa i oznaczono wilgotność miękiszu. Żadna z przeprowadzonych ocen tj. ocena wartości przemiałowej, laboratoryjnej mąki oraz próbnego wypieku laboratoryjnego nie potwierdziły znaczących różnic pomiędzy klasami A, B i C. Uzyskane wyniki badań poddają w wątpliwość obecną klasyfikację odmian jako wyróżnika wartości technologicznej.

Słowa kluczowe: pszenica zwyczajna, wartość technologiczna, klasyfikacja odmianowa, popiołowość pasażowa, wyciągi pasażowe

Wprowadzenie

Współczesne polskie rolnictwo oferuje przetwórstwu kilkadziesiąt odmian pszenicy zarówno ozimych jak i jarych o zróżnicowanych właściwościach technologicznych. Wartość technologiczna odmiany kształtowana jest jako wypadkowa wartości przemiałowej ziarna oraz wartości wypiekowej otrzymanej mąki [Stankowski i in., 2004]. Głównymi wyróżnikami wartości przemiałowej ziarna są wyciąg i popiołowość mąki. Odmiany o wysokiej wartości przemiałowej powinny zapewniać niską popiołowość przy wysokim wyciągu mąki i powolny wzrost popiołowości w miarę zwiększania wyciągu.

Ocenę wartości wypiekowej mąki przeprowadza się za pomocą metod pośrednich (oceny cech fizycznych i składu chemicznego mąki, oceny cech reologicznych ciasta) oraz metod bezpośrednich (doświadczalnego próbnego wypieku laboratoryjnego). Oceny przydatności mąki do wypieku chleba dokonuje się w oparciu o 8 podstawowych wskaźników: liczba opadania, zawartość białka,

wskaźnik sedymentacji, wydajność mąki, rozmięczenie, energia ciasta, objętość chleba, wodochłonność [Budzyński i Szempliński, 2003].

Wartość technologiczna ziarna pszenicy zależy od genotypu, czynników siedliska i stosowanej agrotechniki [Budzyński i in., 2008; Dubis i BoRysewicz, 2008; Murawska i in., 2014]. Wielu autorów podkreśla, że dawka i sposób aplikacji azotu wywierają istotny wpływ na parametry jakościowe ziarna pszenicy [Sulek i in., 2002; Stankowski i in., 2004]. Zwiększenie poziomu nawożenia azotowego może wpływać na zwiększenie zawartości białka ogólnego w ziarnie [Kączkowski, 2004]. Prolaminy i gluteliny (gliadyna i glutenina) odgrywają szczególną rolę w wytwarzaniu struktury ciasta i wyrobów gotowych. Głównymi wyróżnikami jakości glutenu są jego rozciągliwość i sprężystość. Ilość glutenu w mące decyduje przede wszystkim o objętości pieczywa a jego jakość o elastyczności ciasta i zdolności do zatrzymywania gazów fermentacyjnych (CO₂). Większej zawartości białka zwykle towarzyszy wzrost udziału frakcji glutenowych; skutkować to może pogorszeniem jego jakości [Borkowska i in., 1999]. Niektóre badania wykazują jednak brak wpływu poziomu nawożenia azotowego na zawartość glutenu [Knapowski i in., 2010; Zarzycki i in., 2014]. Według Nowaka i in. [2004] wysokie dawki azotu poprawiają jakość glutenu niektórych odmian, natomiast u innych obniżają jego jakość. Sulek i in. [2002] są również zdania, że ujemną konsekwencją stosowania dużych dawek nawożenia azotem jest obniżenie zawartości glutenu w ziarnie, zbyt duże dawki azotu mogą powodować także wzrost aktywności amylolitycznej. Według Makarewicza i in. [2012] zawartość glutenu, rozpuszczalność glutenu i liczba opadania zależy od warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym i dolistnego nawożenia azotem.

Możliwość modyfikowania cech genetycznych oraz warunków agrotechnicznych stwarzają szerokie możliwości kreowania wartości technologicznej. Konieczne są więc wiarygodne metody oceny wartości technologicznej i właściwego kierunkowania prac hodowlanych. COBORU klasyfikuje odmiany pszenic do pięciu grup jakościowych: E – elitarne, A – jakościowe, B – chlebowe, C – pozostałe, K – ciasteczkowe. Klasyfikacja COBORU nie pokrywa jednak wszystkich kierunków wykorzystania ziarna pszenicy.

Celem pracy była weryfikacja metody oceny wartości technologicznej tj. wartości przemiałowej i wypiekowej. Na przykładzie wybranych odmian pszenicy zwyczajnej uprawianych przy zróżnicowanym poziomie agrotechniki, kwalifikowanych przez COBORU do grup jakościowych A, B i C, zweryfikowana zostanie zasadność klasyfikacji.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny pochodził z COBORU Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian Ciecibór, Punktu Doświadczalnego Czesławice. W badaniach wykorzystano 4 odmiany pszenicy zwyczajnej: Partyzan – gr. A, Mewa - gr. B,

Satyna - gr. C oraz Tonacja - gr. A (odmiana wzorcowa). Pszenicę uprawiano przy dwóch poziomach agrotechniki: Agr 1 - poziom podstawowy oraz Agr 2 - poziom zaawansowany. W poziomie Agr 2 zwiększono nawożenie azotowe o 40 kg/ha w stosunku do poziomu podstawowego Agr 1 oraz stosowano nawożenie dolistne preparatami wieloskładnikowymi. Zwiększono także ochronę chemiczną, w której zastosowano herbicydy, insektycydy oraz dodatkowo opryskiwanie fungicydem. Przemiał laboratoryjny przeprowadzano w Katedrze Inżynierii i Technologii Zbóż Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Ziarno przed przemiałem dowilżano do wilgotności 15,5%, kondycjonowano przez 24 h oraz dowilżano powierzchniowo o kolejne 1,5% na 7 minut przed przemiałem (kondycjonowanie krótkie). Próby ziarna przemielano w pasażach śrutujących młownika laboratoryjnego (Młyn laboratoryjny 5-walcowy, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). Otrzymane kaszki wymielano w młynie wymielającym według własnej modyfikacji z walcami gładkimi o szczelinach mielących 300 µm, 200 µm oraz 100 µm (Młyn walcowy Typ SK, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). Łącznie pozyskiwano mąki pasażowe: A (z pasażu śrutującego), B, C, D, E (niskopopiołowe pasáže wymiałowe) oraz F, G, H, I (mąki wysokopopiołowe z końcowych pasażów wymiałowych). Przemiał przeprowadzano w 4 powtórzeniach. W pozyskanych mąkach pasażowych określano wyciąg, wilgotność [AACC, Method 44-15A] i popiołowość [AACC, Method 08-01]. Ocena laboratoryjna mąki obejmowała oznaczanie liczby opadania [PN-ISO 3093:1996], zawartości i jakości glutenu mokrego, w tym: wilgotności, rozpląwalności i elastyczności [PN-77/A-74041]. Wyznaczano także liczbę glutenową z zależności:

$$LG = a (2 - 0,065 R),$$

a - zawartość mokrego glutenu [%],

R - rozpląwalność mokrego glutenu [mm],

Badania przeprowadzano w 3 powtórzeniach dla każdej badanej mąki.

Próbną wypiek laboratoryjny prowadzono metodą bezpośrednią [Jakubczyk i Haber, 1981], wg. receptury: mąka pszenna (w ilości równoważnej 600 g mąki o wilgotności 15%), sól (1,5% w stosunku do masy mąki) drożdże (3% w stosunku do masy mąki) oraz woda wodociągowa. Aby zapewnić maksymalne podobieństwo warunków technologicznych, wodę dodawano w ilości gwarantującej stałą wydajność ciasta na poziomie 160%. Ciasto pszenne przygotowywano w mieszarce mechanicznej stosując czas mieszenia 10 min (mieszarka elektroniczna, typ ML-300, ZBPP Bydgoszcz, Polska). Ciasto poddawano fermentacji w czasie 90 min w temp. 32°C (piec laboratoryjny z komorą fermentacyjną, typ PL-10, PZUO Warma, Polska, wilgotność względna 75-80%). Następnie ciasto dzielono na kęsy o masie 250 g i poddawano kolejnej fermentacji do uzyskania pełnej dojrzałości (ok. 50 min). Wypiek kęsów prowadzono w piecu laboratoryjnym (typ PL-10) w temp. 230°C przez 30 min. Z każdej próby ciasta wypiekano po 3 bochenki. Pieczywo po wyjęciu z pieca

ważono i pozostawiano do wystygnięcia przez 24 h. W ramach oceny jakości pieczywa z próbnego wypieku laboratoryjnego [Jakubczyk i Haber, 1981] określano wydajność pieczywa, stratę piecową całkowitą, upiek, objętość pieczywa ze 100 g mąki, objętość 100 g pieczywa oraz wilgotność miękiszu. Uzyskane wyniki poddawano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego SAS ver. 9.2. Obliczano wartości średnie, odchylenia standardowe oraz istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi (test Duncana, $p \leq 0,05$). W przypadku zmiennych ciągłych wyznaczano równania regresji i współczynniki determinacji.

Wyniki i dyskusja

Do badań laboratoryjnych i oceny wartości wypiekowej wykorzystano mąki pasażowe A – E. Mąki wysokopopiołowe z końcowych pasażów F – I wydzielono do odrębnej oceny. W Tab. 1 przedstawiono charakterystykę mieszanek mąk pasażowych A – E przy zróżnicowanym poziomie nawożenia. Najwyższy wyciąg otrzymano dla odmiany Mewa przy obu poziomach agrotechniki (odpowiednio 66,64% i 66,80%); odmiany Mewa i Partyzan przewyższały odmianę wzorcową Tonację Agr 1 i Agr 2. Tylko odmiana Satyna Agr 2 dała niższy wyciąg od Tonacji. Wyższe wyciągi uzyskano przy niższym poziomie nawożenia azotowego, wyjątek stanowi Mewa. Takie wyniki mogą być rezultatem utwardzenia bielma i trudniejszego wymielania. Największe obniżenie wyciągu mąki wraz ze zwiększeniem poziomu nawożenia zaobserwowano dla odmiany Satyna. Uzyskane wyniki są rozbieżne z wynikami badań Podleśnej i Cacak-Pietrzak [2006], w których odnotowano wzrost ilości otrzymanej mąki o ok. 0,5% wraz ze wzrostem nawożenia azotem o 50 kg/ha.

Tab. 1. Wskaźniki wartości przemiałowej badanych odmian pszenicy zwyczajnej

Odmiana pszenicy		Wyciąg [%]	Wilgotność [%]	Popiołowość [% s.m.]
Mewa	Agr 1	66,64	14,87a±0,05	0,59ba±0,02
	Agr 2	66,80	14,89a±0,03	0,53c±0,01
Partyzan	Agr 1	65,76	13,77d±0,1	0,61a±0,01
	Agr 2	64,72	14,25c±0,07	0,55c±0,02
Satyna	Agr 1	64,68	14,76a±0,1	0,55c±0,02
	Agr 2	57,92	14,58b±0,02	0,57bc±0,04
Tonacja	Agr 1	61,10	14,26c±0,18	0,53c±0,01
	Agr 2	59,60	14,39c±0,11	0,53c±0,01

Objaśnienia:

- wartość średnia ± odchylenie standardowe; n = 3
- średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$)

Uzyskane mąki cechowały się zróżnicowaną popiołowością. W odmianach Mewa Agr 1 i Partyzan Agr 1, stwierdzono statystycznie wyższą (Duncan; $p \leq 0,05$) zawartość popiołu w porównaniu do odmiany wzorcowej (Tonacja); osiągnęły one zawartość popiołu w granicach 0,59-0,69%, co wg Normy [PN-A-74022:2003] kwalifikuje je do mąk typu 650. W przypadku pozostałych prób otrzymane mąki wykazały popiołowość pomiędzy 0,53-0,58% (typ mąk 550). W dwóch badanych odmianach Mewa i Partyzan stwierdzono istotne statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$) obniżenie popiołowości wraz ze zwiększeniem nawożenia azotowego. W przypadku Satyny i Tonacji nie stwierdzono istotnych różnic.

Wilgotność mąki jest nie tylko podstawowym wyznacznikiem jakości mąki, ale także weryfikuje poprawność procesu dowilżania ziarna. Podwyższona zawartość wody (powyżej 15%) powoduje aktywację enzymów, rozwój drobnoustrojów i grozi stęgnięciem mąki [Dojczew, 2006]. We wszystkich badanych mąkach stwierdzono wilgotność poniżej 15%.

Badane odmiany charakteryzowały się zawartością glutenu mokrego powyżej 25% (Tab. 2). Najwyższe zawartości mokrego glutenu uzyskały odmiany Partyzan Agr 1 (33,71%) oraz Satyna Agr 1 (33,23%). W pozostałych odmianach zawartość glutenu mieściła się w granicach 29,46 - 31,43%. Najniższą zawartość glutenu odnotowano dla odmiany Tonacja Agr 2 (27,21%). Zwraca uwagę duża zawartość glutenu w odmianie Satyna; jest ona bowiem klasyfikowana przez COBORU do grupy C. Ralcewicz i Knapowski [2004] oraz Makarewicz i in. [2012] podkreślają pozytywny wpływ nawożenia azotem na zawartość glutenu. W przeprowadzonych badaniach nie odnotowano takich zależności. W odmianach Tonacja, Satyna, Partyzan uprawianych przy zaawansowanym poziomie agrotechniki wykazano statystycznie niższą zawartość glutenu mokrego.

Wilgotność glutenu badanych odmian mieściła się w granicach 63,62 - 68,38%. Nie odnotowano istotnego wpływu poziomu agrotechniki na wartość tego parametru. Zaawansowany poziom agrotechniki spowodował osłabienie elastyczności glutenu. We wszystkich badanych odmianach pszenicy z poziomu Agr 1 stwierdzono występowanie glutenu elastycznego (1°), a w pszenicach z poziomu Agr 2 glutenu średnioelastycznego (2°).

Duże znaczenie w ocenie jakości glutenu ma jego rozpląwalność. Dla odmiany Mewa Agr 1 odnotowano rozpląwalność 5,13 mm (Tab. 2) co może sugerować makaronowe przeznaczenie odmiany. Najwyższe wartości rozpląwalności odnotowano dla odmiany Partyzan Agr 2 oraz Satyna Agr 2 (9,17 mm). Są to wyniki statystycznie nieróżniące się od referencyjnego poziomu 9 mm [PN-A-74022:2003]. W przypadku zaawansowanego poziomu agrotechniki w porównaniu do Tonacji Agr 2 niższą rozpląwalność otrzymano dla Mewy Agr 2. Sułek i in. [2002] oraz Stankowski i in. [2004] nie potwierdzili wpływu nawożenia azotem na rozpląwalność glutenu. W badaniach własnych wykazano wzrost rozpląwalności glutenu wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotowego, co jest zgodne z wynikami Makarewicza i in. [2012].

Silę mąki charakteryzuje także liczba glutenowa. W badanych mąkach zawierała się ona w przedziale od 40,57 do 55,92 kwalifikując je do mąk o średniej mocy [Ambroziak, 1998]. Zwiększenie poziomu nawożenia azotowego wpływało na obniżenie wartości liczby glutenowej.

Tab. 2. Ocena laboratoryjna mąki

Odmiana pszenicy		Gluten				Liczba glutenowa [-]	Liczba opadania [s]
		Zawartość [%]	Wilgotność [%]	Rozplywalność [mm]	Elastyczność [°]		
Mewa	Agr1	29,87cb ±1,9	63,62c ±1,4	5,13d ±0,85	1	49,74b ±2,45	406a ±22
	Agr2	29,46c ±0,46	64,09c ±0,65	6dc ±0,58	2	47,43b ±1,28	349bc ±37
Partyzan	Agr1	33,71a ±0,57	68,23a ±0,89	6,17c ±1,04	1	55,92a ±3,28	313dc ±1
	Agr2	31,24cb ±0,26	66,32b ±0,92	9,17a ±0,29	2	43,7c ±1,08	318dc ±12
Satyna	Agr1	33,23a ±0,88	68,38a ±0,12	8,38ba ±0,48	1	48,36b ±0,93	249e ±15
	Agr2	31,43b ±0,36	68,25a ±0,12	9,17a ±0,29	2	44,14c ±0,65	178f ±19
Tonacja	Agr1	30,79cb ±0,13	64,85c ±0,19	6,33c ±0,29	1	48,9b ±0,42	390ba ±40
	Agr2	27,21d ±0,7	65,06cb ±0,89	7,83b ±0,29	2	40,57d ±1,25	292d ±10

Objaśnienia:

- wartość średnia ± odchylenie standardowe; n = 3
- średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$)

Mąki z badanych odmian pszenicy uzyskały liczby opadania w przedziale 178 - 406 s (Tab. 2). Wszystkie badane mąki, oprócz Satyny Agr 2, odznaczały się liczbą opadania powyżej 220 s. Wykazano istotne statystycznie obniżenie wartości liczby opadania w wyniku zwiększonego nawożenia azotowego. Jedynie w przypadku odmiany Partyzan nie stwierdzono istotnego (Duncan; $p \leq 0,05$) wpływu poziomu nawożenia na wartość liczby opadania. Makarewicz i in. [2012] także nie odnotowali zależności pomiędzy dawkami nawożenia dolistnego azotem a liczbą opadania.

Wydajność pieczywa zawierała się w zakresie od 138 do 153,37% (Tab. 3). W przypadku odmiany Mewa odnotowano statystycznie niższą wydajność w porównaniu do odmiany wzorcowej Tonacji. Nie stwierdzono jednoznacznego

wpływu poziomu agrotechniki na wydajność pieczywa. Największą różnicę wydajności Agr 1 i Agr 2 odnotowano dla odmiany Partyzan. Z mąki o nawożeniu podstawowym uzyskano wydajność pieczywa 153,37%, przy agrotechnice zaawansowanej wydajność wynosiła 148,72%, różnica wyniosła około 5%. Z praktycznego punktu widzenia spadek masy pieczywa charakteryzuje wartość straty piecowej całkowitej. Oznacza ona konkretny ubytek masy pieczywa i stratę piekarni. Piekarze poszukują, więc mąki gwarantującej możliwie wysoką wydajność ciasta, wysoką wydajność pieczywa oraz najniższe wartości straty piecowej całkowitej.

Tab. 3. Wskaźniki wartości wypiekowej badanych odmian pszenicy zwyczajnej

Odmiana pszenicy		Wydajność pieczywa [%]	Upiek [%]	Strata piecowa całkowita [%]	Objętość 100g pieczywa [cm ³ /100g]	Objętość pieczywa ze 100g mąki [cm ³]	Wilgotność miękiszu [%]
Mewa	Agr1	138f ±1,12	12,18a ±0,72	12,84a ±0,65	258,96d ±12,06	354,75d ±19,2	45,84b ±0,69
	Agr2	141,35e ±0,31	10,73a ±0,19	11,51a ±0,14	269,71d ±5,78	377,91d ±7,7	45,29cb ±0,35
Partyzan	Agr1	153,37a ±0,48	3,95c ±0,3	4,9c ±0,25	266,9d ±16,39	405,28c ±23,85	47,51a ±0,43
	Agr2	148,72bc ±1,94	6,62b ±1,22	7,48b ±1,22	275,24d ±5,08	408,66c ±7,48	47,84a ±0,11
Satyna	Agr1	150,03bc ±1,49	5,5cb ±0,94	6,8cb ±0,53	340,7a ±8,88	504,09a ±11,8	45,26cb ±0,11
	Agr2	150,89ba ±3,92	5,56cb ±2,45	6,6cb ±2,24	297,17c ±6,33	443,36b ±9,14	47,39a ±0,61
Tonacja	Agr1	144,85d ±1,13	5,7cb ±0,67	6,56cb ±0,73	321,18b ±14,02	465,15b ±17,62	44,58c ±0,33
	Agr2	146,84dc ±1,1	6,28b ±0,42	6,53cb ±0,7	318,17b ±0,33	467,19b ±3,39	45,42b ±0,35

Objaśnienia:

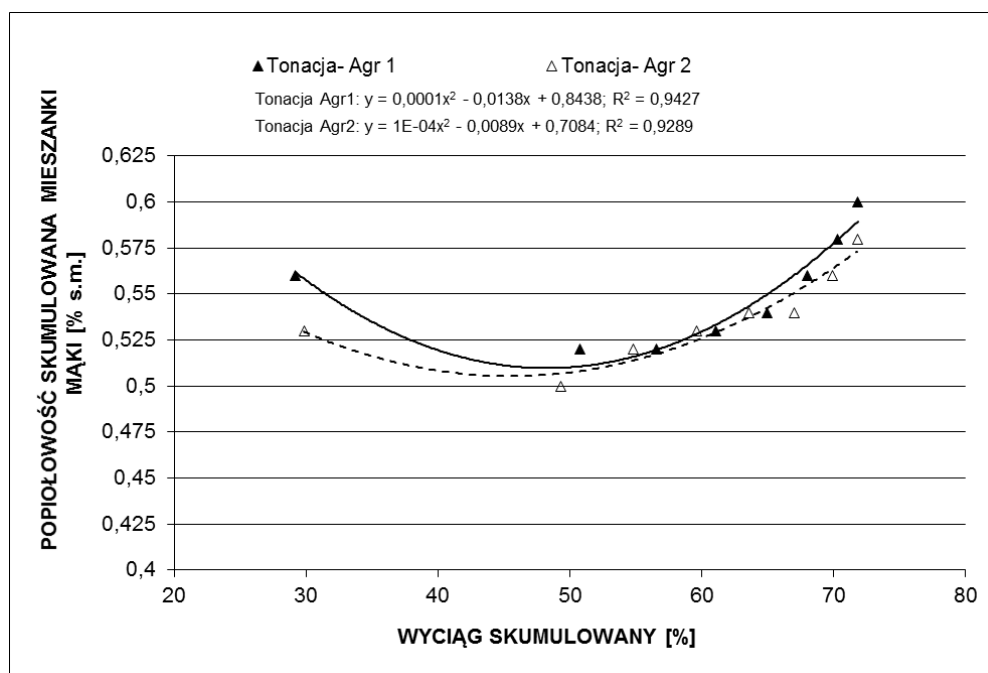
- wartość średnia ± odchylenie standardowe; n = 3
- średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan; p≤0,05)

Wartości upieku badanych odmian kształtują się w przedziale 3,95-12,18% (Tab. 3). Najwyższe wartości upieku odnotowano w przypadku odmiany Mewa (12,18% i 10,73%) odpowiednio dla poziomu Agr 1 i Agr 2. Zbliżone wartości upieku do odmiany wzorcowej Tonacji uzyskano dla Satyny Agr 1 i Agr 2. Podobnie kształtował się rozkład ubytków masy określanej jako strata piecowa całkowita (Tab. 3). Wartości tego parametru mieściły się w granicach 4,90-12,84%. Najwyższą stratę piecową całkowitą wykazano dla odmiany Mewa Agr 1 i Agr 2. Najniższą wartość odnotowano w przypadku odmiany Partyzan Agr 1,

wynoszącą 4,90%. Odmiana Satyna Agr 1 i Agr 2 uzyskała niemal identyczne wartości w porównaniu do odmiany wzorcowej Tonacji Agr 1 i Agr 2. Jedynie w przypadku odmiany Partyzan odnotowano istotny wpływ poziomu nawożenia na wartość upieku i straty piecowej; wzrost obu parametrów przy wyższym poziomie nawożenia. W pozostałych przypadkach nie odnotowano różnic statystycznie istotnych (Duncan; $p \leq 0,05$).

Objętość 100 g pieczywa ocenianych odmian kształtowała się na poziomie od 258,96 cm³ (Mewa Agr 1) do 340,70 cm³ (Satyna Agr 1). Odmiana Satyna Agr 1 wartością tego wskaźnika przewyższała nawet Tonację. Nie odnotowano istotnego wpływu poziomu agrotechniki na ten wyróżnik. Jedynie w przypadku Satyny Agr 2 stwierdzono istotne statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$) obniżenie objętości 100 g pieczywa.

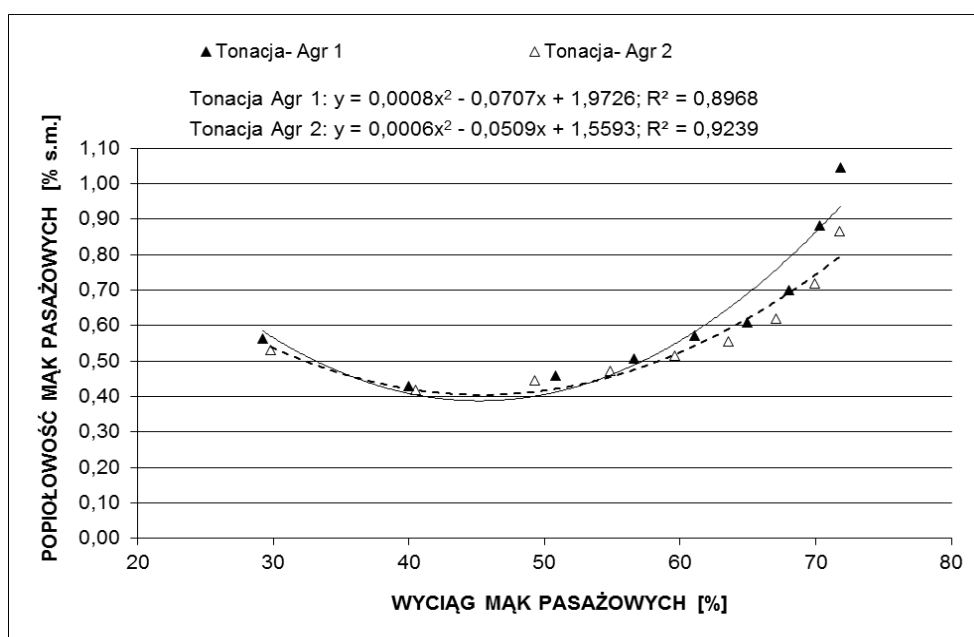
Wilgotność świeżego miększu zawierała się w granicach od 44,38% dla odmiany wzorcowej Tonacja Agr 1 do około 47% dla odmian Partyzan Agr 1 i Agr 2 oraz Satyna Agr 2. Pozostałe odmiany charakteryzowały się wartością tego parametru około 45%.



Rys. 1. Zależność popiołowości skumulowanej mieszanki mąki w funkcji wyciągu skumulowanego; odmiana Tonacja

Przedstawione rezultaty badań wskazują na niedoskonałość klasyfikacji odmian. Odmiana Satyna, należąca do grupy jakościowej C, dała wyniki porównywalne do odmiany wzorcowej Tonacji. Żadna z przeprowadzonych ocen tj. ocena wartości przemiałowej, laboratoryjnej mąki oraz próbnego wypieku

laboratoryjnego nie potwierdziły znaczących różnic pomiędzy klasami A, B i C. Klasyfikacja odmian nie uwzględnia także wielokierunkowości wykorzystania mąki np. do produkcji makaronów. Nie uwzględnia też specyfiki przemiału złożonego podając tylko wyciąg skumulowany i popiołowość skumulowaną mieszanki mąki z wszystkich pasażów (Rys. 1). Z każdego pasażu (jest ich nawet do 20) uzyskuje się inny gatunek mąki, z których kompletuje się mąki handlowe. Każda mąka pasażowa może być predestynowana do innego kierunku użytkowania; niestety klasyfikacja odmianowa tego także nie uwzględnia.



Rys. 2. Charakterystyka popiołowości pasażowej mąk w funkcji wyciągów pasażowych; odmiana Tonacja

Zachodzi więc konieczność wprowadzenia nowego kryterium klasyfikacji odmianowej. Przeprowadzone badania wskazują, że cennym wyróżnikiem powinna być charakterystyka popiołowości pasażowej w funkcji wyciągów pasażowych (Rys. 2). Analiza wykresu daje możliwość uzyskania informacji o ilości i popiołowości mąki jaką można uzyskać podczas przemiału złożonego. Wyznaczając na osi Y punkty przedziału oczekiwanej popiołowości, można odczytać potencjalne uzyski wyciągów na osi X. Dostępność takich informacji umożliwi właściwe zaprojektowanie kierunkowości zastosowań technologicznych i właściwy dobór odmian do przetwórstwa. Na Rys. 1 i 2 przedstawiono wyznaczone równania regresji oraz określono współczynniki determinacji R^2 . Otrzymane wysokie wartości współczynników determinacji R^2 potwierdzają istotność wyznaczonych równań regresji. Ponad 90% uzyskanych wyników mieści się w oczekiwanym obszarze wyznaczonym równaniem

O wartości technologicznej pszenicy decyduje wartość przemiałowa i wartość wypiekowa. Wartość wypiekową można oceniać za pomocą metod pośrednich, po przeprowadzeniu wielu pośrednich badań jakościowych mąki. Ostatecznym jednak i niezawodnym sposobem oceny wartości wypiekowej jest próbny wypiek laboratoryjny. Przedstawione wyniki wykazały, że klasyfikacja odmian pszenicy proponowana przez COBORU nie zawsze prawidłowo oddaje wartość technologiczną ziarna i otrzymanej z niej mąki.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania poddają w wątpliwość stosowane obecnie metody klasyfikacji odmian pszenicy do grup jakościowych.
2. Odmiana Satyna zaliczana do grupy C, wykazała parametry technologiczne porównywalne do odmiany wzorcowej Tonacji klasyfikowanej do grupy A.
3. Podział odmian na pszenice elitarne (E), jakościowe (A), chlebowe (B), pozostałe (C) i ciasteczkowe (K) nie jest adekwatny do ich parametrów technologicznych.
4. Klasyfikacja jakościowa nie uwzględnia zróżnicowanej kierunkowości zastosowań mąki pszennej.
5. Klasyfikacja odmianowa nie uwzględnia specyfiki przemiału złożonego i możliwości pozyskiwania zróżnicowanych mąk gatunkowych.
6. Szczególnie cennym wyróżnikiem wartości technologicznej jest wykres popiołowości mąk pasażowych w funkcji wyciągów pasażowych, który powinien być obowiązującą charakterystyką każdej odmiany.

Literatura

- [1] AACCC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, American of Cereal Chemists, St, Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [2] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-ciastkarska cz.1. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.
- [3] Borkowska H., Grundas S., Styk B.: Influence of nitrogen fertilization of winter wheat on its gluten quality. International Agrophysics, 1999, 13, 333-335.
- [4] Budzyński W., Bielski S., BoRysewicz J.: Wpływ nawożenia azotem na jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. Fragmenta Agronomica, 2008, 25(1), 39–49.
- [5] Budzyński W., Szempliński W.: Szczegółowa Uprawa Roślin. Praca zbiorowa pod red. Z. Jasińskiej, A. Koteckiego. Wrocław, 2003, 71-78.
- [6] COBORU, Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Słupia Wielka. 2013.
- [7] Dojczew D.: Ocena jakości mąki. Wybrane zagadnienia z technologii żywności. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2006, 224-226.

- [8] Dubis B., BoRysewicz J.: Wpływ nawożenia azotem na plon i technologiczną jakość wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragmenta Agronomica*, 2008, 25(1), 110–120.
- [9] Jakubczyk T., Haber T.: *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 1981.
- [10] Kączkowski J.: Skład chemiczny ziarna pszenicy. W *Pszenica chemia i technologia*. Praca zbiorowa pod red. H. Gąsiorowskiego: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 2004, 155-187.
- [11] Knapowski T., Ralcewicz M., Spychaj-Fabisiak E., Łożek O.: Ocena jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Fragmenta Agronomica*, 2010, 27(1), 73-80.
- [12] Makarewicz A., Gąsiorowska B., Cybulska A.: Wpływ dolistnego nawożenia azotem na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Fragmenta Agronomica*, 2012, 29(1), 105-113.
- [13] Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Keutgen A., Wszelaczyńska E., Pobieżny J.: Cechy technologiczne badanych odmian ziarna pszenicy ozimej uprawianej w warunkach Polski i wielkiej Brytanii. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2014, 53(2), 096-098.
- [14] Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L.: Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenic. *Pamiętnik Puławski*, 2004, 135, 199-212.
- [15] PN-77/A-74041. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie ilości i jakości glutenu.
- [16] PN-A-74022:2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
- [17] PN-ISO 3093:1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- [18] Podleśna A., Cacak-Pietrzak G.: Kształtowanie plonu oraz parametrów przemiałowych i wypiekowych pszenicy jarej poprzez nawożenie azotem i siarką. *Pamiętnik Puławski*, 2006, 142, 381-391.
- [19] Ralcewicz M., Knapowski T.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i wartość technologiczną pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59(2), 969-978.
- [20] Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59(3), 405-413.
- [21] Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od nawożenia azotem. *Pamiętnik Puławski*, 2002, 130, 709-718.
- [22] Zarzycki P., Kasprzak M., Rzedzicki Z., Sobota A., Sykut-Domańska E.: Właściwości reologiczne kleików z mąki pszennej jako wskaźnik oceny jej wartości wypiekowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 6(97), 50-66.

WPLYW METODY ZAŁADUNKU KONSERW RYBNYCH DO KOSZY STERYLIZACYJNYCH NA WARTOŚĆ STERYLIZACYJNĄ F_0

AGNIESZKA LESZCZUK – PIANKOWSKA, BOGUSŁAW PAWLIKOWSKI,
PIOTR J. BYKOWSKI

Streszczenie

W warunkach przemysłowej produkcji konserw rybnych stosowane są głównie dwie metody załadunku konserw rybnych do koszy sterylizacyjnych: nasypowo lub na perforowanych przekładkach. Metodę załadunku konserw rybnych do koszy sterylizacyjnych należy zawsze uwzględniać w wymaganiach techniczno - technologicznych dla każdego ustalanego procesu sterylizacji cieplnej.

W warunkach przemysłowych, na przykładzie autoklawu wodnego, natryskowego, zbadano wpływ metody załadunku konserw do koszy sterylizacyjnych (nasypowo lub na przekładkach) na wartość sterylizacyjną F_0 oraz wyznaczono minimalny czas etapu sterylizacji właściwej do uzyskania wartości sterylizacyjnej $F_0=6$ min. Materiałem do badań były konserwy z tusz lub filetów ze śledzia, makreli lub szprota, w sosie lub oleju, w puszkach owalnych typu Hansa, aluminiowych lub stalowych, o masie netto produktu 170 g. Wykazano, że czas etapu sterylizacji właściwej badanych asortymentów konserw załadowanych nasypowo jest średnio o 60% dłuższy w porównaniu z czasem tego etapu dla konserw układanych na perforowanych przekładkach, o łącznej powierzchni otworów 33%.

Słowa kluczowe: sterylizacja cieplna, konserwa rybna, wartość sterylizacyjna F_0

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych obowiązków prawnych każdego producenta konserw rybnych jest produkcja wyrobów bezpiecznych. Sterylizacja cieplna konserw w analizie zagrożeń dokumentowanej w ramach systemu HACCP jest identyfikowana jako Krytyczny Punkt Kontroli (KPK). Oznacza to, że proces ten powinien być nadzorowany zgodnie z ustanowionymi procedurami monitorowania KPK [Rozp. (WE) nr 852/2004].

Weryfikacja skuteczności sterylizacji cieplnej nie może ograniczać się jedynie do badań wyrobów gotowych w ramach próby termostatowej czy też badań mikrobiologicznych i sensorycznych [Kołodziejski i Pawlikowski, 2005; Wedding i in. 2007; Thermal (...) 2013]. Przepisy prawa Unii Europejskiej wskazują jedynie ogólne wymagania dla procesu obróbki cieplnej produktów wprowadzanych

do obrotu w opakowaniach hermetycznych typu np. puszka lub słoik. Konsekwencją takiego stanu prawnego jest stosunkowo zróżnicowane podejście producentów konserw do potrzeby identyfikowania, oceniania i właściwego zarządzania wpływem czynników technologiczno - technicznych na bezpieczeństwo wyrobu finalnego [Rozp. (WE) nr 853/2004; Kołodziejski i Pawlikowski, 2005].

Do czynników technologiczno - technicznych wpływających na bezpieczeństwo zdrowotne konserw rybnych w procesie przemysłowej sterylizacji cieplnej należą m.in.: rodzaj i typ stosowanych urządzeń (autoklawów) do cieplnej sterylizacji, wyposażenie autoklawów w sprzęt kontrolno - pomiarowy i rejestrujący, metoda załadunku konserw do koszy sterylizacyjnych (nasypowo lub na perforowanych przekładkach), konstrukcja koszy sterylizacyjnych (obudowa pełna lub ażurowa), powierzchnia prześwitu otworów w perforowanych przekładkach, właściwości sterylizowanego produktu, m.in. pH, gęstość, skład surowcowy (udział składników stałych i ciekłych), temperatura początkowa wsadu, masa netto produktu, kształt i wymiary opakowania jednostkowego i rodzaj materiału, tendencja opakowań do samorzutnego tworzenia pakietów (stosów) z wielu konserw, metoda napełniania opakowań jednostkowych) [FAO/WHO, 1993; Wedding i in., 2007; CFR Title 21 Food and Drug Part 113, 2014; Guidelines (...) 2014]. Wymienione czynniki technologiczno-techniczne należy rozpatrywać w zależności od uwarunkowań badanego procesu w zakładzie przetwórczym [Kołodziejski i Pawlikowski, 2005].

Wskaźnikiem określającym skuteczność inaktywacji mikroorganizmów w procesie cieplnej sterylizacji jest tzw. wartość sterylizacyjna. Wartość sterylizacyjną procesu cieplnej sterylizacji w temperaturze referencyjnej $T_r=121,1^{\circ}\text{C}$ (250°F), oznacza się symbolem F_0 , jako jednostkę $F_0=1$, przyjęto działanie temperatury referencyjnej $T_r=121,1^{\circ}\text{C}$ (250°F) w czasie 1 minuty [Ziomba 1980]. Wartość sterylizacyjna $F_0=3$ min procesu cieplnej sterylizacji jest wymagana, jako niezbędne minimum zapewniające bezpieczeństwo konserwy, ze względu na możliwość zatrucia toksyną botulinową. Jednak w praktyce produkcyjnej, dla zapewnienia tzw. sterylności handlowej oraz gotowości kulinarnej konserw rybnych, przyjęto wartość sterylizacyjną F_0 co najmniej na poziomie 6,0 min [Kołodziejski i Pawlikowski 2005; Thermal (...), 2013].

Celem niniejszej pracy było zbadanie i określenie wpływu metody załadunku konserw do koszy sterylizacyjnych na wartość sterylizacyjną F_0 po zakończeniu etapu sterylizacji właściwej. Na podstawie badań wyznaczono minimalny czas etapu sterylizacji właściwej do uzyskania wartości sterylizacyjnej $F_0=6$ dla metody załadunku koszy metodą nasypową i z perforowanymi przekładkami o łącznej powierzchni prześwitu otworów 33%. Bezpieczeństwo produktu określano na podstawie uzyskanej wartości sterylizacyjnej F_0 .

Sterylność handlowa konserw rybnych poddanych procesowi sterylizacji cieplnej dla metody załadunku konserw rybnych do koszy sterylizacyjnych

nasypowo i na przekładkach potwierdzona została w wykonanych badaniach termostatowych oraz badaniach mikrobiologicznych.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym był następujący asortyment konserw rybnych: Wędzone filety z makreli w oleju, Śledź w oleju, Szprot w oleju, Filety z makreli w oleju, Filety śledziowe w oleju, Szprot wędzony w oleju, Śledź w sosie pomidorowym, Filety z makreli w sosie pomidorowym. Opakowanie produktów stanowiła puszka owalna (aluminiowa lub stalowa) typu Hansa o wymiarach 148x81x21,5 mm. Masa netto badanych konserw rybnych wynosiła 170 g.

Badanie procesów cieplnej sterylizacji konserw rybnych prowadzono w warunkach przemysłowych, w wybranym zakładzie produkcyjnym, w autoklawie usytuowanym na skraju baterii składającej się z 4. autoklawów.

Testy penetracji ciepła prowadzono w autoklawie wodnym, natryskowym (ang. water spray retort). Zasada działania tego typu autoklawu jest dość prosta i sprowadza się do kilku kroków postępowania [Kołodziejski i Pawlikowski, 2005; Which retort is best for your container. <http://www.retorts.com>].:

1. Wypełnienie autoklawu wodą obiegową do określonego poziomu;
2. Podgrzanie wody do zadanej temperatury w określonym czasie poprzez wtRysk „żywej pary”, włączona pompa zapewnia ciągłą recyrkulację wody procesowej (obiegowej) poprzez system dysz u góry i z boku zbiornika oraz równomierną dystrybucję ciepła;
3. Sterylizacja właściwa - na tym etapie autoklaw zapewnia stały obieg wody na ustalonym poziomie temperatury jednocześnie automatyka zapewnia utrzymanie zadanego poziomu ciśnienia;
4. Schładzanie i wyładunek koszy z konserwami.

Za zaletę tego systemu uważa się m.in. ograniczenie zużycie wody i brak potrzeby jej chlorowania oraz dobra dystrybucja ciepła. Za wadę tego systemu uznaje się m.in. zjawisko powstawiania „martwych” stref wymiany ciepła będących efektem zatykania dysz zanieczyszczeniami wody obiegowej organicznymi i mineralnymi jako wynik niewłaściwego utrzymania stanu techniczno - sanitarnego dysz w układzie natRyskowym [Kołodziejski i Pawlikowski, 2005; Which retort is best for your container. <http://www.retorts.com>].

Badanie prowadzono w dwóch powtórzeniach dla dwóch wariantów ułożenia puszek w koszu sterylizacyjnym (wariant I - ułożenie nasypowe, wariant II - ułożenie na przekładkach perforowanych, o łącznej powierzchni prześwitu otworów 33%). Procedura badania procesów sterylizacji cieplnej oparta była o przewodnik IFTPS [Guidelines (...), 2014] i składała się z następujących kroków:

1. Ustalenie warunków wstępnych prowadzenie testu w zakresie:
 - a. wytypowanie autoklawu do badania;
 - b. ustalenie materiału będącego przedmiotem badania (rodzaj produktu);
 - c. zaplanowanie rozmieszczenia konserw pomiarowych z czujnikami w koszu sterylizacyjnym;
 - d. zaprogramowanie parametrów przebiegu poszczególnych etapów procesu sterylizacji (czas, temperatura, ciśnienie).
2. Umieszczenie czujników (termopar) w centrum geometrycznym konserw;
3. Załadunek konserw do koszy sterylizacyjnych z jednoczesnym rozmieszczeniem czujników (termopar) zgodnie z ustalonym schematem pkt. 1.c.;
4. Załadunek koszy do autoklawu;
5. Start procesu sterylizacji cieplnej zgodnie z ustalonym programem pkt.1.d.;
6. Zakończenie procesu i rozładunek koszy sterylizacyjnych z jednoczesnym wyjmowaniem czujników z konserw pomiarowych;
7. Odczyt i analiza wyników z przebiegu procesu na podstawie zmian temperatury w testowanych konserwach i wodzie obiegowej.

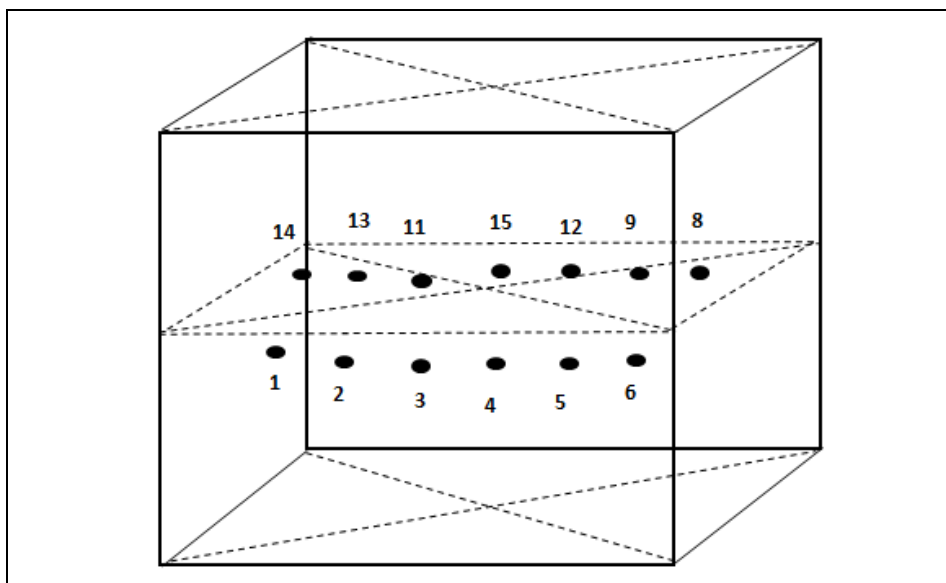
W Tabeli 1 zaprezentowano opis techniczny warunków realizacji testów penetracji ciepła HPT (ang. heat penetration test). Stosowanym przyrządem pomiarowym był mikroprocesorowy miernik temperatury TM 9616 firmy „Ellab” wyposażony w oprogramowanie ValSuite ver. 2.0, umożliwiające archiwizację danych pomiarowych (data logger) oraz automatyczne naliczanie narastających wartości F_0 (ang. F_0 -value integrator) według metody ogólnej (ang. General Method). W każdym powtórzonym teście opomiarowane były konserwy w jednym koszu ulokowanym u wlotu autoklawu i wytypowanym w ramach testów dystrybucji ciepła jako kosz z najwolniej ogrzewającymi się punktami. Na Rys. 1 i 2 przedstawiono usytuowanie pakietów konserw z czujnikami w koszu sterylizacyjnym dla wariantu I (test 1) i II (test 1).

Badania termostatowe wykonane zostały zgodnie z opisem Polskiej Normy PN -92/A-86732 punkt 2.3.11 Badania termostatowe. Badanie to polegało na umieszczeniu w komorze termostatowej o temperaturze $37 \pm 1^\circ\text{C}$ konserw rybnych sterylizowanych na czas 10 dni. Po zakończeniu termostatowania konserwy poddawane zostały oględzinom wizualnym celem oceny wystąpienia bombaży i wycieków zawartości konserwy spod zamknięcia tzw. podwójnej zakładki [PN -92/A-86732].

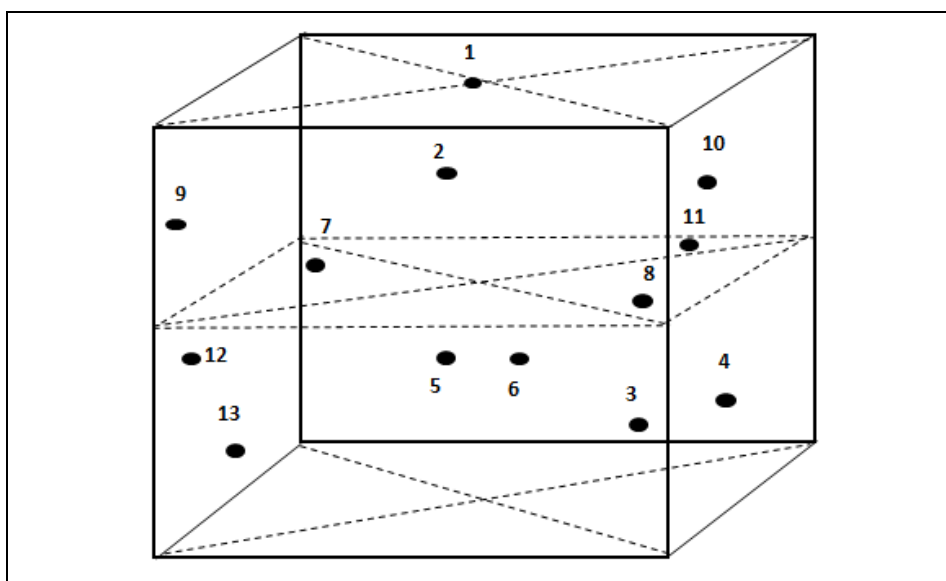
Badania mikrobiologiczne konserw rybnych sterylizowanych w warunkach załadunki konserw rybnych do koszy sterylizacyjnych odpowiednio metodą nasypową i na przekładkach wykonane zostały w laboratorium akredytowanym metodami stosowanymi przez dane laboratorium.

Tab. 1. Opis techniczny realizacji testów penetracji ciepła w konserwach rybnych

Parametr techniczny	Wariant I	Wariant II
Metoda ułożenia puszek w koszu sterylizacyjnym	ułożenie nasypowe konserw	ułożenie jednowarstwowe konserw na perforowanych przekładkach
Czas grzania Temperatura sterylizacji właściwej	24 min. 115 °C	24 min. 115 °C
Liczba punktów pomiaru Fo	24	20
System ELLAB	16 czujników	13 czujników
Liczba koszy sterylizacyjnych w autoklawie	4	4
Badane asortymenty konserw	Wędzone filety z makreli w oleju, Śledź w oleju, Szprot w oleju, Filety z makreli w oleju, Filety śledziowe w oleju, Szprot wędzony w oleju	Śledź w sosie pomidorowym, Filety z makreli w sosie pomidorowym
Sposób ułożenia czujników w centrum geometrycznym konserwy z uwzględnieniem najgorszego przypadku (ang. worse case)	czujnik usytuowany w centrum geometrycznym konserwy będącej środkową w pakiecie 5. konserw	czujnik usytuowany w centrum geometrycznym pojedynczej konserwy
Sposób ułożenia czujnika w środowisku wodnym (TC16)	czujnik usytuowany obok termometrów autoklawu (MIG i MTI)	czujnik usytuowany obok termometrów autoklawu (MIG i MTI)



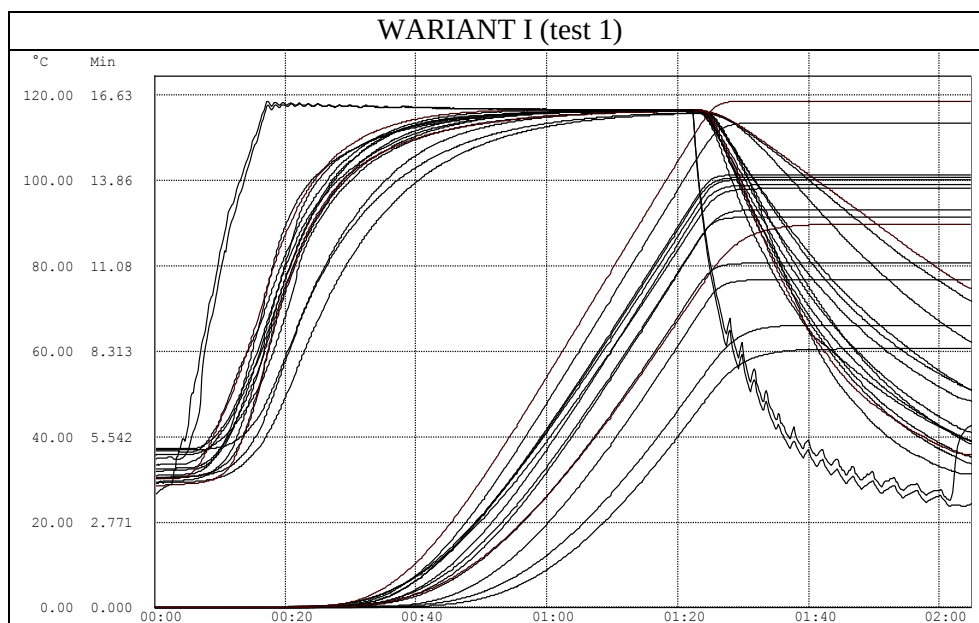
Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych dla wariantu I (test 1)



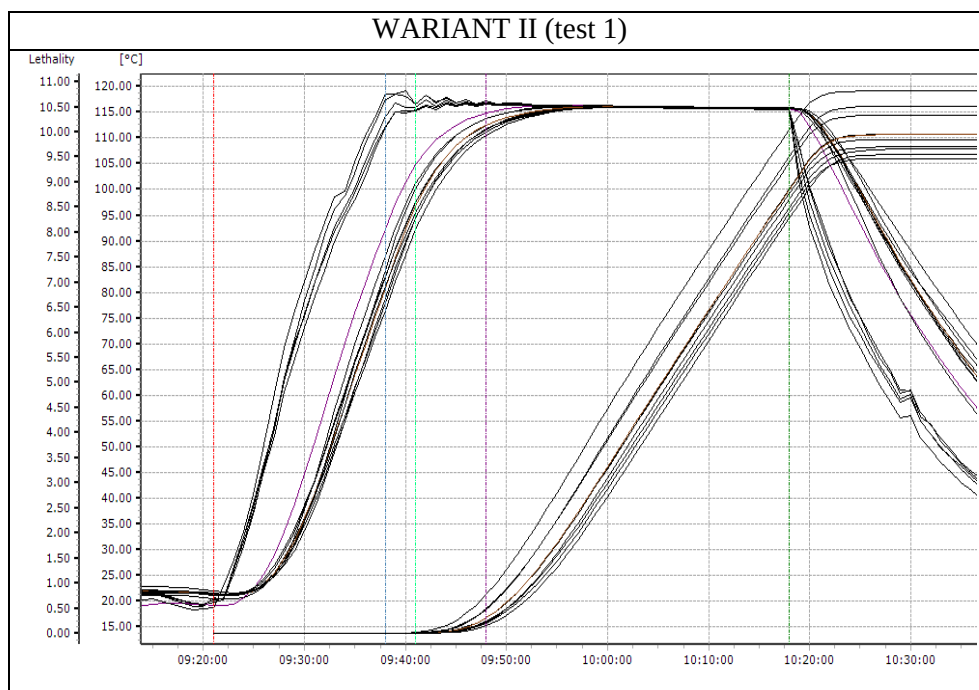
Rys. 2. Lokalizacja punktów pomiarowych dla wariantu II (test 1)

Wyniki i dyskusja

Poniżej na Rys. 3. i 4. zaprezentowano krzywe zmian temperatury i wartości F_0 w pomiarowych konserwach oraz zmian temperatury w wodzie obiegowej.



Rys. 3. Krzywe zmian temperatury konserw, środowiska grzejnego oraz Fo



Rys. 4. Krzywe zmian temperatury konserw, środowiska grzejnego oraz Fo

Na podstawie przeprowadzonych testów penetracji ciepła możliwe było wyznaczenie czasów etapu podgrzewania i sterylizacji właściwej w temperaturze 115°C do uzyskania wartości sterylizacyjnej $Fo=6$ w najwolniej ogrzewającej się

konserwie. W wariancie I sumaryczny czas etapów podgrzewania i sterylizacji właściwej wynosił 76 minut, podczas gdy w wariancie II czas ten był krótszy i wynosił 48,5 minuty. Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, iż metoda załadunku konserw do koszy sterylizacyjnych ma istotny wpływ na sumaryczny czas etapu podgrzewania i sterylizacji właściwej. Uzyskane wyniki badań procesu sterylizacji cieplnej wskazują, że łączny czas etapu podgrzewania i sterylizacji właściwej konserw układanych na perforowanych przekładkach jest krótszy o 27,5 min, tj. o 36%, w porównanej z konserwami załadowanymi do kosza metodą nasypową. Dystrybucja ciepła w koszu sterylizacyjnym z perforowanymi przekładkami jest efektywniejsza i skuteczniejsza, a tym samym zapewnia szybsze ogrzewanie się konserw. Uzyskane wyniki są potwierdzeniem wyników badań publikowanych m.in. przez autorów [Kołodziejski i Pawlikowski, 2005].

Efektywność i skuteczność dystrybucji ciepła w autoklawie można ocenić porównując wielkość zróżnicowania między wartościami F_0 w konserwach uzyskanymi na koniec etapu sterylizacji właściwej dla wariantu I (115°C/55 minut) i wariantu II (115°C/30 minut).

W Tabeli 2 zamieszczono rozstępy między wartościami F_0 dla konserw uzyskanymi na koniec etapu sterylizacji właściwej w testowanych procesach.

Na podstawie danych w Tab. 2 można stwierdzić, że średni rozstęp wartości F_0 w wariancie I wyniósł 10,23 min, a w wariancie II - 1,93 min. Wyniki te wskazują, że zastosowanie metody układania konserw na perforowanych przekładkach (wariant II) wpływa korzystnie na efektywniejszą i skuteczniejszą dystrybucję ciepła w autoklawie.

Zastosowanie metody układania konserw na przekładkach zmniejsza zróżnicowanie wartości sterylizacyjnej F_0 , co w ostatecznym efekcie zapewnia uzyskiwanie konserw na określonym poziomie wysterylizowania cieplnego, o bardzo zbliżonych cechach jakościowych, w tym sensorycznych. W przypadku nasypowej metody załadunku konserw do koszy, występują znaczne różnice wartości sterylizacyjnej F_0 konserw, w zależności od ich usytuowania w koszach, co potwierdziły przeprowadzone testy. W badaniach odnotowano znaczne różnice wartości sterylizacyjnej F_0 w testowanych konserwach, w przedziale 6,08÷15,14 min (w teście 1) oraz 7,66÷19,11 min (w teście 2). Według Kołodziejskiego i Pawlikowskiego [2005] wartości sterylizacyjne F_0 w procesie przemysłowej sterylizacji konserw załadowanych metodą nasypową do koszy mogą być bardzo zróżnicowane i w badanych przez nich procesach mieściły się w przedziale 9,3-42,0 min. [Kołodziejski i Pawlikowski, 2005].

Tab. 2. Rozstępy między wartościami F_0 dla konserw po etapie sterylizacji właściwej w testowanych procesach

Nr konserwy	Wartość sterylizacyjna F_0 (min)			
	Wariant I		Wariant II	
	test 1	test 2	test 1	test 2
1	11,51	13,87	10,09	9,51
2	14,23	13,17	10,69	9,39
3	9,11	7,66	10,73	8,87
4	10,05	16,01	10,75	8,85
5	12,91	16,92	10,76	8,78
6	12,46	17,37	10,93	8,66
6	12,69	15,89	11,01	8,49
7	12,23	13,68	11,28	8,39
8	13,01	19,11	11,38	8,29
9	11,48	11,66	9,29	10,05
10	6,08	9,426	-	-
11	6,95	14,08	-	-
12	15,14	15,11	-	-
13	9,915	14,02	-	-
$R (F_{0\max} - F_{0\min})$	9,06	11,45	2,09	1,76
R_{sr}	$10,23 \pm 1,20$		$1,93 \pm 0,17$	

Ziomba [Podstawy (...), 1980] wskazywał, iż ułożenie chaotyczne/nasypowe konserw jest najbardziej korzystne z uwagi na możliwość mieszania się prądów konwekcyjnych. Twierdzenie to stoi w sprzeczności z wynikami badań uzyskanymi w niniejszej pracy. Ułożenie puszek jednowarstwowo na perforowanych przekładkach pozwala na wyeliminowaniu niebezpiecznego zjawiska związanego z samorzutnym tworzeniem pakietów przez konserwy w puszkach płaskich, zwłaszcza typu Hansa. W danym procesie sterylizacji, konserwy w zależności od ich usytuowania w utworzonych pakietach, mogą być uzyskiwane zbyt wysokie wartości sterylizacyjne F_0 , co wiąże się z ich przesterylizowaniem, lub zbyt małe wartości sterylizacyjne F_0 , co może spowodować ich niewystarczającą sterylizację. Samorzutne tworzenie się pakietów przez konserwy w płaskich puszkach, np. typu Hansa, w warunkach przemysłowej sterylizacji konserw jest zjawiskiem powszechnym przy nasypowej metodzie pakowania konserw do koszy sterylizacyjnych i brak kontroli nad tym zjawiskiem prowadzić może do pojedynczych bombażu mikrobiologicznych puszek w partii produkcyjnej.

Wykonane badania termostatowe dla każdego wsadu konserw sterylizowanych w warunkach przemysłowej produkcji nie wykazały konserw z oznakami bombażu i wyciekami zawartości konserwy spod zamka. Ujemne wyniki badań termostatowych potwierdziły bezpieczeństwo zdrowotne produktu w zakresie sterylności handlowej.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki z badań mikrobiologicznych konserw rybnych sterylizowanych w warunkach przemysłowych w autoklawach wodno-natRyskowych, gdzie załadunek koszy sterylizacyjnych prowadzono odpowiednio metodą nasypową lub na przekładkach.

Tab. 3. Wyniki z badania mikrobiologicznego konserw rybnych sterylizowanych Wariantu I i II

WARIANT I			
Nazwa produktu	Metoda	Wynik	
filety śledziowe w oleju a'170g	PB-08/LM wyd. 2 z dnia 12.12.2007	Bakterie beztlenowe przetrwalnikujące redukujące siarczany	nieobecne w 1g
filety śledziowe w oleju a'170g	PN-EN ISO 4833:2004	Drobnoustroje tlenowe mezofilne	poniżej 1 jtk/g
filety z makreli w oleju a'170g	PB/MB/09 wyd. 2 z dnia 01.12.2011	Bakterie beztlenowe przetrwalnikujące redukujące siarczany	nieobecne w 1g
filety z makreli w oleju a'170g	PN-EN ISO 4833:2004+Ap1:2005	Drobnoustroje tlenowe mezofilne	poniżej 10 jtk/g
WARIANT II			
śledź w sosie pomidorowym a'170g	PN-ISO 15213:2005	Liczba bakterii beztlenowych redukujących siarczany	< 1jtk/g
śledź w sosie pomidorowym a'170g	PB-99 wyd. I z 02.11.2009	Liczba bakterii tlenowych mezofilnych, przetrwalnikujących	<1jtk/g
śledź w sosie pomidorowym a'170g	PN-EN ISO 4833:2004+Ap1:2005	Liczba drobnoustrojów tlenowych mezofilnych	<1jtk/g
filety z makreli w sosie pomidorowym a'170g	PN-ISO 15213:2005	Liczba bakterii beztlenowych redukujących siarczany	< 1jtk/g
filety z makreli w sosie pomidorowym a'170g	PB-99 wyd. I z 02.11.2009	Liczba bakterii tlenowych mezofilnych, przetrwalnikujących	<1jtk/g
filety z makreli w sosie pomidorowym a'170g	PN-EN ISO 4833:2004+Ap1:2005	Liczba drobnoustrojów tlenowych mezofilnych	<1jtk/g

Zaprezentowane wyniki z badań mikrobiologicznych konserw rybnych sterylizowanych w warunkach opisanych dla wariantu I i II potwierdzają bezpieczeństwo zdrowotne produktu w zakresie czystości mikrobiologicznej. Wyniki z badań mikrobiologicznych i termostatowych potwierdzają skuteczność i efektywność procesu sterylizacji cieplnej konserw rybnych dla metody załadunku konserw rybnych do koszy sterylizacyjnych nasypowo i na przekładkach.

Wnioski

1. Metoda załadunku konserw do koszy sterylizacyjnych ma wpływ na efektywność i skuteczność procesu sterylizacji, a tym samym na bezpieczeństwo produktu gotowego.
2. System załadunku konserw do koszy sterylizacyjnych na perforowanych przekładkach pozwala na skrócenie czasu etapu sterylizacji właściwej o około 60% w porównaniu z czasem etapu sterylizacji właściwej konserw załadowanych do koszy metodą nasypową.
3. Wymiernym efektem skrócenia czasu trwania procesu sterylizacji, poprzez zastosowanie metody układania konserw na perforowanych przekładkach, jest możliwość zwiększenia ilości procesów prowadzonych w jednym autoklawie w danym cyklu produkcyjnym oraz obniżenie kosztów związanych, np. z zużyciem energii cieplnej.
4. Sterylizacja cieplna konserw, ułożonych jednowarstwowo, na perforowanych przekładkach, zapewnia uzyskiwanie mniejszego zróżnicowania wartości sterylizacyjnej F_0 w całym wsadzie konserw w porównaniu ze sterylizacją konserw załadowanych do koszy metodą nasypową.
5. Zastosowanie w warunkach produkcyjnych metody układania konserw w koszach na perforowanych przekładkach wiąże się ze stosunkowo wysokimi nakładami, wynikającymi ze stopnia jej automatyzacji (automatycznie, półautomatycznie), kosztów zakupu perforowanych przekładek, koniecznością zapewnienia obsługi tego systemu oraz zmniejszeniem ilości konserw załadowanych do koszy sterylizacyjnych, w porównaniu z nasypową metodą załadunku.

Literatura

- [1] Code of Federal Regulation Title 21 Food and Drug Part 113. Thermally processed low - acid foods packaged in hermetically sealed containers. Revised as of April 1, 2014.
- [2] FAO/WHO, 1993. Recommended international code of hygienic practice for low and acidified low acid canned foods. CAC/RCP 23-1979, Rev.2. Rome 1993.
- [3] Guidelines for conducting thermal process studies. Institute for Thermal Processing Specialists, Guelph, 2014.

- [4] Kołodziejcki W., Pawlikowski B.: Przemysłowa sterylizacja konserw rybnych. Morski Instytut Rybacki, Gdynia 2005.
- [5] Polska Norma PN -92/A-86732 Konserwy rybne. Badanie jakości.
- [6] Rozporządzenie (WE) nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie higieny środków spożywczych. Dz. Urz. UE L 139, s.1, z 30.04.2004 (z późn. zm.).
- [7] Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego. Dz. Urz. UE L 139, s. 55, z 30.04.2004 (z późn. zm.).
- [8] Smout C., Van Loey A., Hendrickx M.: Role of temperature distribution studies in the evaluation and identification of processing conditions for static and rotary water cascading retorts. *Journal of Food Engineering* 48 (2001), 61-68.
- [9] Thermal (In Pack) Process. Tesco requirements for suppliers, No 82. Version 1. October 2013.
- [10] Wedding Lisa M., Balestrini Chris G., Shafer Bradley D.: Canned Food. Principles of Thermal Process Control, Acidification and Container Closure Evaluation. Seventh Edition. GMA Science and Education Foundation, Washington 2007.
- [11] Which retort is best for your container. <http://www.retorts.com>, data dostępu: 22.01.2015.
- [12] Ziembka Z.: Podstawy cieplnego utrwalania żywności. Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa 1980.

WPLYW JONÓW METALI DWUWARTOŚCIOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI SKROBI POROWATYCH

JOANNA LE THANH-BLICHAZ, AGNIESZKA MAKOWSKA, JACEK
LEWANDOWICZ, ZUZANNA MAŁYSZEK

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu jonów metali dwuwartościowych (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) na właściwości skrobi porowatych otrzymanych na bazie skrobi ziemniaczanej. Zbadano efektywność adsorpcji mikroelementów, barwę, charakterystykę reologiczną oraz przebieg kleikowania otrzymanych preparatów skrobiowych. Stwierdzono, że modyfikacja struktury skrobi prowadzi do zwiększenia efektywności adsorpcji jonów metali dwuwartościowych w zakresie 76-194%. Ponadto stwierdzono, że adsorpcja jonów metali na skrobi porowatej w znacznie większym stopniu wpływa na jej właściwości reologiczne, a w szczególności na temperaturę kleikowania, wartości parametrów breakdown i setback oraz lepkość (niezależnie od temperatury, czasu ścinania i szybkości ścinania). Barwa preparatów na bazie skrobi natywnej różniła się w dość wąskim zakresie, podczas gdy preparaty skrobi porowatej cechowały się obniżoną jasnością. W toku przeprowadzonych badań stwierdzono przydatność technologiczną porowatej skrobi ziemniaczanej.

Słowa kluczowe: skrobia porowata, barwa, adsorpcja jonów dwuwartościowych, reologia

Wprowadzenie

Skrobia jako polisacharyd jest materiałem zapasowym roślin - nośnikiem energii dla rozwijającego się organizmu. Podobną funkcję pełni też w żywieniu ludzi i zwierząt, jednak jej zastosowanie dawno już zostało znacząco rozszerzone na inne niż spożywcze gałęzie przemysłu. Dzięki swym unikalnym właściwościom fizykochemicznym i użytkowym skrobia jest jednym z najszerzej używanych surowców roślinnych i nie bez przyczyny uważana jest za surowiec XXI wieku.

Znakomitym sposobem na rozszerzenie obszarów aplikacji skrobi są metody jej fizycznej, chemicznej i enzymatycznej modyfikacji. Ponieważ intensywna modyfikacja chemiczna skrobi napotyka na szereg ograniczeń legislacyjnych i środowiskowych, obecnie wiele uwagi poświęca się sposobom modyfikacji fizycznej skrobi, dzięki którym można zwiększyć jej reaktywność i nadać ciekawe i perspektywiczne cechy użytkowe.

Jednym z powodów znacznie ograniczających potencjalne zastosowanie skrobi modyfikowanych jest ich niska powierzchnia sorpcyjna (poniżej $1\text{m}^2/\text{g}$) limitująca

dostępność sferyczną grup funkcyjnych skrobi. Fakt ten sprawia, że skrobia nie jest konkurencyjnym środkiem adsorpcyjnym dla np. żelu krzemionkowego, równie bogatego w grupy hydroksylowe, lecz charakteryzującego się powierzchnią aktywną powyżej 100 m²/g, dzięki czemu znalazł on szerokie zastosowanie m.in. jako nośnik katalizatorów, środek separujący różne związki chemiczne, środek wiążący aromaty i barwniki czy składnik układów kompozytowych.

Prowadzone obecnie szeroko zakrojone badania nad różnymi aplikacjami tzw. „skrobi porowatej” opierają się na znanej metodzie dehydratacji zretrogradowanych kleików skrobiowych przy pomocy etanolu. Metoda ta, w której zachodzi sukcesywne wypieranie wody ze struktury sieciowej żelu przez etanol (rozpuszczalnik mieszający się z wodą, lecz wykazujący niższe napięcie powierzchniowe) powoduje zachowanie nienaruszonych ścianek porów sieci i tym samym olbrzymie rozwinięcie warstwy powierzchniowej z wieloma centrami aktywnymi. Uzyskuje się w ten sposób rozwinięcie powierzchni sięgające 100m²/g. Na uwagę zasługuje fakt, że jest to metoda prosta, nie wymagająca zastosowania chemicznych środków modyfikujących czy dużych nakładów energetycznych, a jednocześnie całkowicie bezpieczna z punktu widzenia zagrożeń środowiskowych. Otrzymany tą drogą modyfikat charakteryzuje się niskim ciężarem nasypowym (0,3-0,4 g/cm³) przy zachowaniu dużej twardości materiału.

Opublikowana w ostatnich latach literatura dotycząca skrobi porowatej otwiera wiele nowych, oryginalnych obszarów badawczych prowadzących do rozszerzenia aplikacji skrobi w wielu dziedzinach nauki i praktyki [Fannon i Hauber, 1992; Sujka i Jamroz, 2010; Tao, 2011; Qian i Chang, 2011; Chang i in., 2012; Chen i in., 2012; Zhang i in., 2012].

Szczególnie obiecujących perspektyw nowych zastosowań skrobi porowatych szukać należy w procesach adsorpcji jonów metali, barwników, aromatów, chromatografii, katalizy heterogenicznej, flokulacji, przewodnictwa elektrycznego zaawansowanych technologii materiałów kompozytowych, a także w farmacji w opracowaniu substancji czynnych o kontrolowanej w czasie przyswajalności [Kweon i in., 2001; Śmigielńska i in., 2005; Chang i in., 2011; Wu i in., 2011; Guo i in., 2012; Deveswaran i in., 2012; Ojeda i in., 2013; Zhang i in., 2013].

Dlatego celem niniejszej pracy było otrzymanie skrobi porowatej na bazie skrobi ziemniaczanej oraz ocena wpływu jonów metali dwuwartościowych (Fe²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺) na właściwości nowo powstałych porowatych preparatów skrobiowych.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiła skrobia ziemniaczana (PPZ Trzemeszno Sp. z o.o.) Skrobię porowatą otrzymano poprzez przygotowanie 7% kleiku skrobi ziemniaczanej przetrzymanego w temperaturze wrzenia na łaźni wodnej przez 30 minut. Tak przygotowany kleik wylano do płaskiego pojemnika i po ostygnięciu umieszczono w lodówce w temperaturze 4°C. Po 24 h schłodzony,

zretrogradowany kleik wyjęto i pokrojono na kostki o wymiarze około 2cm x 2cm x 2cm. Kostki wyłożono na płaskie powierzchnie i umieszczono w zamrażarce w temperaturze -15°C. Kolejnego dnia zamrożone kostki wyjęto z zamrażarki i pozostawiono do odmrózenia. Następnie odcisnięto wodę z kostek pod próżnią i zanurzono je w 500 ml alkoholu etylowego na 60 minut. Czynność tą powtórzono trzykrotnie. Po odsączeniu kostek suszono skrobię w 50°C w suszarce z obiegiem powietrza aż do całkowitego wysuszenia.

Adsorpcję jonów dwuwartościowych (Fe^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+}) na preparatach skrobiowych przeprowadzono z roztworów wodnych soli siarczanów: żelaza (II), miedzi (II) i cynku (II). Proces adsorpcji prowadzono w zawiesinie w temperaturze $50 \pm 1^\circ\text{C}$ przez 60 minut przy prędkości mieszadła 300obr/min w układzie 20mg jonu wzbogacającego na 1g s.s. skrobi.

Zawartość jonów metali w preparatach skrobiowych określono z użyciem atomowej spektroskopii absorpcyjnej z atomizacją w płomieniu (F-AAS) wykorzystując spektrometr Varian SpektrAA 800 (Australia), próbki skrobi o masie około 0,5g mineralizowano na mokro w 10 cm³ kwasu azotowego (V) w piecu mikrofalowym CEM MDS-200 (USA).

Barwę preparatów skrobiowych określono z użyciem kolorymetru Minolta CR-310 (Japonia) oraz nasadki do materiałów sypkich CR-A50. Warunki pomiarowe: obserwator 2°, iluminant C, przestrzeń barw CIE L*a*b. Dodatkowo obliczono ogólną różnicę barwy pomiędzy skrobiami natywnymi a porowatymi.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Pomiar właściwości reologicznych wykonano z użyciem reometru RotoVisco1 firmy Haake (Niemcy) z użyciem rotora Z20 DIN oraz urządzenia termostatujuącego DC30-K10. Kleiki o stężeniu 5% (m/m) przed pomiarem były relaksowane i termostatowane w cylindrze pomiarowym przez 5 minut. Rejestracji wyników oraz obliczeń dokonywano przy użyciu programu RheoWin 3.40. Wyznaczono:

- krzywe lepkości pozornej w zależności od czasu ścinania w trybie CR przy szybkości ścinania 50 s^{-1} , w temperaturze 20°C i czasie 5 min.

- krzywe płynięcia przy wzrastającej oraz malejącej szybkości ścinania w zakresie $1\text{-}600 \text{ s}^{-1}$, w temperaturze 20°C i czasie 4 min. Otrzymane krzywe opisano modelami równań reologicznych: Ostwalda de Waele'a [$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$] gdzie: τ - naprężenie ścinające [Pa], K - współczynnik konsystencji [$\text{Pa} \cdot \text{s}^n$], $\dot{\gamma}$ - szybkość ścinania [s^{-1}], n - wskaźnik płynięcia (wielkość wskazująca na zbieżność z przepływem newtonowskim) oraz Casson'a [$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\eta_c} \cdot \sqrt{\dot{\gamma}}$] gdzie: τ - naprężenie ścinające [Pa], τ_0 - granica płynięcia [Pa], η_c - lepkość plastyczna Casson'a, $\dot{\gamma}$ - szybkość ścinania [s^{-1}].

- krzywe lepkości pozornej w zależności od temperatury w trybie CR przy szybkości ścinania 50 s^{-1} , w zakresie temperatur od 20 do 65°C i prędkości ogrzewania $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Otrzymane krzywe opisano równaniem Arrhenius TTS

$$[\eta]_p = \eta \left(\exp\left(\frac{E}{R \cdot T}\right) \right)$$

gdzie: η_p - lepkość pozorna [$\text{Pa}\cdot\text{s}$], η_{∞} - stała materiałowa [$\text{Pa}\cdot\text{s}$], E - energia aktywacji płynięcia [J/mol], R - stała gazowa [$\text{J}/\text{K}\cdot\text{mol}$], T - temperatura [K].

Badanie przebiegu kleikowania prowadzono za pomocą wiskografu Rapid Visco Analyser (RVA) typu TecMaster (Perten Instruments, Szwecja). Badanie to prowadzono dla 5% (m/m) zawiesin skrobiowych. Zastosowano następujące warunki pomiarów: temperatura początkowa 25°C ; ogrzewanie z szybkością $1,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$; termostatowanie 20 min.; chłodzenie z szybkością $1,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$; temperatura końcowa 25°C .

Statystyczną analizę danych przeprowadzono w programie StatSoft Statistica 10.

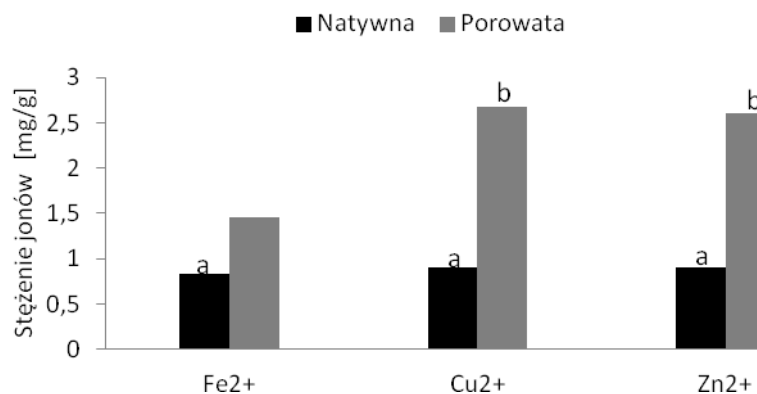
Wyniki i dyskusja

Jednym z podstawowych kryteriów przydatności nośnika substancji aktywnej do fortyfikowania żywności jest jego zdolność do efektywnego związania tej substancji. W przypadku stosowania skrobi natywnych jako nośnika biopierwiastków zasadniczym problemem jest zdolność tych polisacharydów do wydajnego i równomiernego w całej masie związania substancji mineralnych. W celu uzyskania jak najbardziej równomiernego rozprowadzenia siarczanu (VI) żelaza (II), siarczanu(VI) miedzi(II) oraz siarczanu(VI) cynku (II) przeprowadzono proces adsorpcji z roztworu wodnego zarówno na skrobi natywnej ziemniaczanej jak i na jej odpowiedniku porowatym. Zawartości zaadsorbowanych jonów oznaczonych metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) przedstawiono na Rys. 1.

Jak wynika z danych na Rys. 1, ilość adsorbowanych jonów zarówno żelazowych, miedziowych jak i cynkowych zależała od rodzaju skrobi zastosowanej w procesie adsorpcji. Najlepszy efekt adsorpcji uzyskano w przypadku jonów Cu^{2+} . Skrobia ziemniaczana porowata w każdym z badanych przypadków zaadsorbowała odpowiednio o 194, 187 i 76% więcej jonów Cu^{2+} , Zn^{2+} i Fe^{2+} niż jej odpowiednik nieporowaty. Dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła, że badane czynniki eksperymentu tj. rodzaj użytego jonu oraz modyfikacja fizyczna, miały istotny statystycznie wpływ na efektywność adsorpcji ($p < 0,0001$).

Jednym z ważniejszych parametrów określających jakość naturalnej skrobi ziemniaczanej jest jej biała barwa. Klasycznie biel preparatów skrobi ziemniaczanej w Polsce określano przez porównanie ze wzorcem corocznie rozprowadzanym wśród producentów skrobi przez Centralne Laboratorium Przemysłu Ziemniaczanego. Ostatnio coraz większą popularność zdobywają obiektywne metody oceny barwy w systemach $L^*a^*b^*$. Przykładowo skrobia

ziemniaczana dobrej jakości mogąca stanowić wzorzec „bieli” posiada parametry barwy określone wartościami: $L = 93,32$, $a = -1,12$ i $b = 1,59$.



Rys. 1. Poziom adsorpcji jonów metali dwuwartościowych na skrobi ziemniaczanej natywnej i porowatej.

Objaśnienia: wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie.

Zaadsorbowanie soli żelaza lub miedzi powodowało znaczne zmiany barwy preparatów skrobiowych w stosunku do wyjściowego surowca. Obecność soli żelazowych nadawała preparatom skrobiowym barwę intensywnie żółtą, podczas gdy sole miedziowe zabarwiały nośniki skrobiowe nieco subtelniej na kolor błękitny. Sole cynku nie powodowały tak znaczącej zmiany barwy badanych preparatów. Wyniki zobiektywizowanego pomiaru barwy badanych preparatów zostały zebrane w Tab. 1.

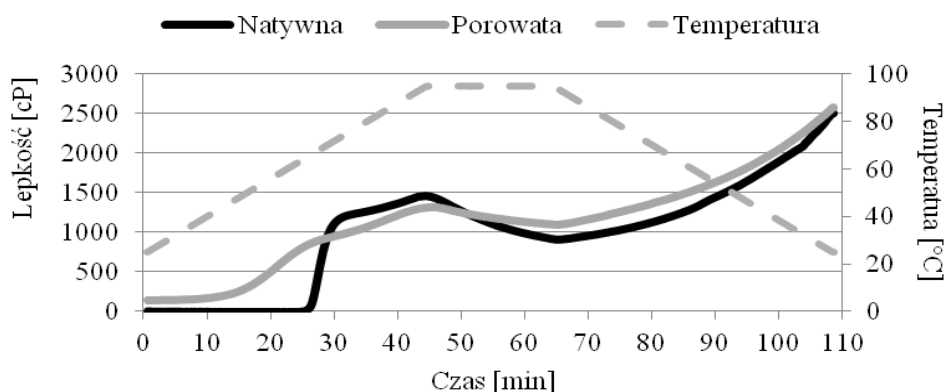
Wskutek zaadsorbowania soli, jasność badanych preparatów określona przez parametr L ulegała obniżeniu, przy czym obniżenie jasności było największe w przypadku żelaza. Wzrostowi zawartości soli w preparatach porowatych towarzyszyło obniżenie jasności. Znalazło to odzwierciedlenie w ogólnej różnicy barwy (ΔE) w szczególności dla preparatów wzbogacanych żelazem i miedzią. Należy zaznaczyć, iż pomimo znaczących zmian barwy preparatów skrobiowych wywołanych adsorpcją jonów cynku skrobia ziemniaczana natywna spełnia tymczasowe wymagania polskiej normy określające minimalną jasność jako nie mniejszą niż $L = 91$.

Przebieg kleikowania skrobi ziemniaczanej natywnej oraz porowatej został przedstawiony na Rys. 2, z kolei w Tab. 2 przedstawiono parametry procesu kleikowania dla wszystkich badanych preparatów. Chociaż kształt obu krzywych był zbliżony, to preparat skrobiowy otrzymany w wyniku modyfikacji fizycznej charakteryzował się zmienionym przebiegiem kleikowania w stosunku do skrobi natywnej. Skrobię porowatą cechowała podwyższona lepkość (ok. 150 cP) w pierwszej fazie badania tj. przed początkiem kleikowania, co wskazuje na silne pęcznienie tego preparatu lub pewien stopień rozpuszczalności na zimno.

Ponadto skrobia porowata charakteryzowała się obniżoną temperaturą kleikowania oraz nieznacznie większą lepkością końcową. Wskazuje to na możliwość zastosowania skrobi porowatej w przemyśle spożywczym.

Tab. 1. Barwa adsorbentów skrobiowych

Jony		Skrobia natywna	Skrobia porowata
Bez pierwiastka (kontrola)	L	93,67±0,02	90,87±0,01
	a	-1,35±0,00 ^a	-1,09±0,01
	b	2,45±0,01	0,86±0,01
	ΔE	-	3,23
Fe ²⁺	L	89,05±0,01	76,62±0,00
	a	-2,51±0,02	-2,59±0,01
	b	5,70±0,01	14,65±0,01
	ΔE	-	15,32
Cu ²⁺	L	90,59±0,01	76,91±0,04
	a	-3,73±0,01	-8,11±0,04
	b	1,77±0,01	0,66±0,02
	ΔE	-	14,41
Zn ²⁺	L	93,47±0,00	83,96±0,01
	a	-1,33±0,02 ^a	-1,00±0,02
	b	1,53±0,01	3,32±0,01
	ΔE	-	10,01



Rys. 2. Przebieg kleikowania skrobi ziemniaczanej natywnej oraz porowatej

Adsorpcja jonów metali może mieć znaczący wpływ na charakterystykę kleikowania skrobi. Zaobserwowano wzrost temperatury kleikowania oraz obniżenie lepkości końcowej i w piku [Śmigielska i in., 2008; Śmigielska i Le Thanh-Blicharz, 2011]. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że wpływ jonów

metali na proces kleikowania jest uzależniony od szeregu czynników materiałowych, takich jak pochodzenie botaniczne skrobi czy rodzaj zastosowanej modyfikacji [Śmigielska i Lewandowicz, 2007]. Adsorpcja żadnego z badanych jonów metali dwuwartościowych nie wpływała na temperaturę kleikowania skrobi natywnych. Z kolei w przypadku skrobi porowatych widoczny był nieznaczny wzrost temperatury kleikowania przy wzbogaceniu miedzią i cynkiem oraz wzrost o ponad 10°C dla żelaza. Lepkość większości z badanych preparatów wzrastała aż do początku fazy termostatowania, a jedynie dla natywnych skrobi wzbogacanych żelazem oraz cynkiem zaobserwowano maksymalny pik lepkości w fazie ogrzewania. Lepkość końcowa skrobi natywnych różniła się w niewielkim stopniu, jednak dodatek jonów metali (w szczególności miedzi) wpływał na jej obniżenie. W przypadku skrobi porowatych widoczny był znacznie większy spadek lepkości końcowej, który w skrajnym przypadku (dla skrobi z dodatkiem żelaza) był aż 4,5-krotny. Wartości parametrów breakdown i setback były znacznie niższe dla skrobi porowatych, jednak powodem tego najprawdopodobniej były różnice w lepkości analizowanych kleików.

Analiza przebiegu kleikowania jest przydatnym narzędziem w ocenie parametrów użytkowych skrobi, a w szczególności temperatury i czasu trwania procesów technologicznych. Jednak w celu opracowania rekomendacji dla nowego typu preparatu skrobiowego konieczna jest głębsza analiza reologiczna z użyciem reometru rotacyjnego i/lub oscylacyjnego.

Wszystkie badane kleiki skrobiowe były płynami nienewtonowskimi, pseudoplastycznymi, tiskotropowymi z granicą płynięcia. W Tab. 3 przedstawiono parametry równań reologicznych, którymi opisano otrzymane krzywe płynięcia. Zastosowane modele charakteryzowały się bardzo dobrym dopasowaniem do danych eksperymentalnych, a najniższa wartość współczynnika determinacji wynosiła ponad 0,95. W szerokim zakresie szybkości ścinania zastosowanym w badaniu, skrobia ziemniaczana natywna charakteryzowała się większą lepkością niż skrobia porowata. Znalazło to odzwierciedlenie w różnicy wartości lepkości plastycznej Cassona (η_c). Z kolei dodatek wszystkich z badanych mikroelementów negatywnie wpływał na wartość tego parametru, co szczególnie było widoczne dla skrobi porowatych. W przypadku równania Ostwalda de Waele'a nie obserwowano żadnej tendencji związanej z dodatkiem jonów metali lub modyfikacją skrobi, a wartością współczynnika konsystencji (K) lub parametru wskazującego na zbieżność z przepływem newtonowskim (n).

Tab. 2. Parametry kleikowania skrobi natywnych i porowatych mierzonych za pomocą aparatu RVA

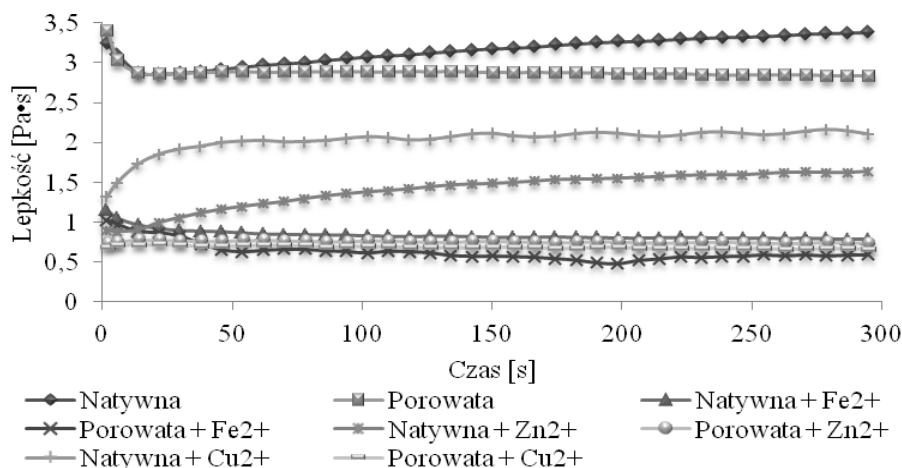
Skrobia	Temp. kleikowania [°C]	Lepkość w piku [cP]	Temp. w piku [°C]	Lepkość końcowa [cP]	Breakdown [cP]	Setback [cP]
Natywna	66,9	1461	94,7	2505	544	1588
Porowata	55,8	1324	95,0	2581	221	1478
Natywna + Fe ²⁺	66,8	1712	75,5	2189	797	1274
Porowata + Fe ²⁺	67,9	386	95,0	570	0	185
Natywna + Zn ²⁺	66,7	1111	87,5	2264	332	1485
Porowata + Zn ²⁺	57,3	739	93,7	1287	98	646
Natywna + Cu ²⁺	66,9	1266	94,9	1872	524	1130
Porowata + Cu ²⁺	58,2	881	95	1407	118	644

Tab. 3. Wartości parametrów modeli reologicznych, którymi opisano krzywe płynięcia

Skrobia	Model Ostwalda de Waele'a			Model Casson'a			Tiskotropia [Pa/s]
	K[Pa•s ⁿ]	n	R ²	τ ₀ [Pa]	η _c [Pa•s]	R ²	
Natywna	31,16	0,4682	0,9766	99,86	0,3947	0,9538	47770
Porowata	31,21	0,4297	0,9944	94,44	0,2713	0,9860	35330
Natywna + Fe ²⁺	12,32	0,3663	0,9872	31,89	0,0583	0,9846	7853
Porowata + Fe ²⁺	3,01	0,4372	0,9912	9,12	0,0286	0,9947	8317
Natywna + Zn ²⁺	5,92	0,6612	0,9900	21,81	0,4141	0,9822	10520
Porowata + Zn ²⁺	5,51	0,4851	0,9962	18,61	0,0804	0,9982	-1474
Natywna + Cu ²⁺	17,79	0,4877	0,9956	58,41	0,2724	0,9810	23350
Porowata + Cu ²⁺	4,94	0,4764	0,9948	16,52	0,0662	0,9984	-2049

Na Rys. 3 przedstawiono krzywe zależności lepkości pozornej od czasu ścinania. Ze względu na odmienną charakterystykę poszczególnych krzywych, niemożliwe było zastosowanie jednego wspólnego równania do opisanie danych eksperymentalnych. Dla skrobi niewzbogaconych widoczny był nieznaczny spadek lepkości w początkowej fazie ścinania, po którym w przypadku skrobi natywnej

następowała stopniowa odbudowa zniszczonej struktury. Z kolei skrobie natywne wzbogacone cynkiem oraz miedzią charakteryzował wzrost lepkości na początkowym etapie badania, który ulegał stopniowej stabilizacji. Pozostałe skrobie cechował niewielki spadek lepkości w trakcie całego czasu ścinania.



Rys. 3. Lepkość pozorna kleików skrobiowych w zależności od czasu ścinania

W Tab. 4 zaprezentowano parametry równia Arrhenius TTS, którym opisano otrzymane krzywe zależności lepkości pozornej od temperatury. Zastosowany model charakteryzował się bardzo dobrym dopasowaniem do danych eksperymentalnych, a najniższa wartość determinacji wynosiła ponad 0,96. Zaobserwowano istotną statystycznie ($P=0,0081$) oraz silną ($r=0,8461$) korelację liniową pomiędzy energią aktywacji płynięcia a parametrem setback (Tab. 3). Znacznie słabsza korelacja ($r=0,6746$) występowała pomiędzy energią aktywacji płynięcia a parametrem breakdown, ponadto była ona dość nieistotna statystycznie ($P=0,0665$). Dodatek jonów metali powodował spadek obu parametrów równania, co w szczególności było widoczne dla żelaza.

Tab. 4. Wartości parametrów równania Arrhenius TTS

Skrobia	η_{sp} [Pa·s]	E [J/mol]	R^2
Nativna	0,7862	246,8	0,9820
Porowata	1,2780	153,6	0,9824
Nativna + Fe^{2+}	0,3011	172,1	0,9883
Porowata + Fe^{2+}	0,3632	48,2	0,9751
Nativna + Zn^{2+}	0,5304	246,0	0,9659
Porowata + Zn^{2+}	0,3254	136,2	0,9803
Nativna + Cu^{2+}	0,5548	239,0	0,9820
Porowata + Cu^{2+}	0,3266	120,5	0,9768

Wnioski

Porowata skrobia ziemniaczana charakteryzuje się konkurencyjnymi właściwościami reologicznymi w stosunku do skrobi natywnej, dlatego może znajdowywać zastosowanie w przemyśle spożywczym jako zagęstnik. Ponadto skrobia porowata charakteryzuje się znacznie wyższą efektywnością adsorpcji mikroelementów, co czyni ją przydatną w procesie zbogacania żywności. Celowe jest prowadzenie dalszych prac badawczych nad skrobią porowatą, zwłaszcza w zakresie preparatów poddanych kombinowanej modyfikacji (w tym chemicznej) oraz badań aplikacyjnych.

Literatura

- [1] Chang P.R., Qian D., Anderson D.P., Ma X.: Preparation and properties of the succinic ester of porous starch. *Carbohydrate Polymers*, 2012, 88 (2), 604-608.
- [2] Chang P.R., Yu J., Ma X.: Preparation of Porous starch and its use as a structure-directing agent for production of porous zink oxide. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 83, 1016-1019.
- [3] Chen W., Li Q., Chen Y., Dai P., Jiang Z.: Study on Technology of Ultrasound-Microwave Assisted Improves Preparation of Porous Starch. *Advanced Materials Research*, 2012, 476-478, 744-750.
- [4] Deveswaran R., Sravya M., Bharath S., Basavaraj B.V., Madhavan V.: Development of modified porous starch as a carrier to improve aqueous solubility. *Advances in Applied Science Research*, 2012, 3(1), 162-170.
- [5] Fannon J.E., Hauber R.J., Be Miller J.N.: Surface Pores of Starch Granules. *Cereal Chemistry*, 1992, 69(3), 284-288.
- [6] Guo L., Zhu Y., Du X.: The effect of modified starches on the adsorption of cigarette mainstream smoke composition. *Starch/Stärke*, 2012, 64, 552-562.
- [7] Kweon D.K., Choi J.K., Kim E.K., Lim S.T.: Adsorption of divalent metal ions by succinylated and oxidized corn starches. *Carbohydrate Polymers*, 2001, 46, 171-177.
- [8] Ojeda M., Budarin V., Shuttleworth P.S., Clark J.H., Pineda A., Baln A., Romero A., Luque R.: Simple Preparation of Novel Metal-Containing Mesoporous Starches. *Materials*, 2013, 6, 1891-1902.
- [9] Qian D., Chang P., Ma X.: Preparation of controllable porous starch with different starch concentrations by the single or dual freezing process. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 86, 1181-1186.
- [10] Sujka M., Jamroz J.: Characteristics of pores in native and hydrolyzed starch granules. *Starch/Stärke*, 2010, 62, 229-235.
- [11] Śmigiełska H., Białas W., Lewandowicz G.: Wpływ fortyfikacji skrobi jonami żelaza na właściwości sosów pomidorowych. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 2008, 7 (4), 54-61.

- [12] Śmigielska H., Le Thanh-Blicharz J.: Comparison of functional properties of potato and corn starch modified by oxidization and fortified with micronutrients, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu*, 2011, 214, 223-234.
- [13] Śmigielska H., Lewandowicz G.: Właściwości funkcjonalne skrobi modyfikowanych wzbogaconych jonami miedzi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 55 (6), 198-209.
- [14] Śmigielska H., Lewandowicz G., Walkowski A.: Wpływ dodatku mikroelementów na właściwości użytkowe skrobi utlenionych. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis Scientia Alimentara*, 2005, 246, 289-302.
- [15] Tao W.: Research on High Adsorption of Biodegradable Porous Starch. Diss. Of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics 2011.
- [16] Wu C., Wang Z., Zhi Z., Jiang T., Zhaug J., Wang S.: Development of biodegradable porous starch foam for improving oral delivery of poorly water soluble drugs. *International Journal of Pharmaceutics*, 2011, 403, 162-169.
- [17] Zhang B., Cui D., Liu M., Gong H., Huang Y., Han F.: Corn porous starch. Preparation, characterisation and adsorption property. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2012, 50, 250-256.
- [18] Zhang Z., Huang J., Jiang S., Liu Z., Gu W., Yu H., Li Y.: Porous starch based self-assambled nanodelivery system improves the oral absorption of lipophilic drug. *International Journal of Pharmaceutics*, 2013, 444, 162-168.

WPŁYW EKSTRAKTU Z PESTEK *VITIS VINIFERA* L. NA BARWĘ I STABILNOŚĆ OKSYDACYJNĄ DOJRZEWAJĄCEGO BALERONU

JUSTYNA LIBERA, DARIUSZ M. STASIAK

Streszczenie

Pestki winogron czerwonych (*Vitis vinifera* L.) są bogatym źródłem substancji aktywnych biologicznie. Obecne w nich związki polifenolowe wykazują działanie przeciwzakrzepowe, przeciwzapalne, antybakteryjne i antyoksydacyjne. Celem badań była ocena wpływu dodatku ekstraktu z pestek winogron na barwę i stabilność oksydacyjną surowo dojrzewającego baleronu podczas dwumiesięcznego przechowywania ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$). Porównano aktywność przeciwutleniającą naturalnych substancji obecnych w ekstrakcie i askorbinianu sodu – przeciwutleniacza powszechnie stosowanego w technologii mięsa. Przygotowano trzy warianty doświadczalne baleronu: z dodatkiem ekstraktu z pestek winogron w ilości $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ mięsa (EPW), z dodatkiem askorbinianu sodu w ilości $1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ mięsa (ASK) oraz bez dodatków (KON). Oceniano barwę produktu, kwasowość czynną, zawartość wolnych kwasów tłuszczowych (FFA) i intensywność procesów oksydacyjnych (TBARS). Stwierdzono istotny wpływ ekstraktu z pestek winogron na barwę baleronu. Wartość parametru a^* (czerwoność) wariantu EPW była o ok. 15% wyższa w porównaniu z próbą KON. Stwierdzono, że ekstrakt hamował hydrolizę tłuszczów i ograniczał procesy oksydacyjne zachodzące w baleronie podczas dwumiesięcznego przechowywania ze skutecznością zbliżoną do askorbinianu sodu. Stwierdzono niższą o ok. 33% zawartość FFA i niższe o ok. 35% wartości wskaźnika TBARS, w porównaniu do próby KON. Wyniki niniejszych badań potwierdzają możliwość wykorzystania ekstraktu z pestek winogron, jako skutecznego przeciwutleniacza w technologii surowo dojrzewającego baleronu.

Słowa kluczowe: przeciwutleniacz, winogrona, barwa, surowo dojrzewające wyroby

Wprowadzenie

Jakość i trwałość surowo dojrzewających wędlin zależy od występujących w nich drobnoustrojów i przebiegu przemian fizykochemicznych podczas dojrzewania. Duża zawartość tłuszczu (16-30%), niska aktywność wody (0,86-0,88) i wysokie stężenie soli (ok. 3%) intensyfikują procesy oksydacyjne zachodzące w surowo dojrzewającym baleronie [Wójciak i in., 2014; Libera i in.,

2014; Libera i in.2015]. Ponadto, żelazo hemowe wraz z enzymami generującymi wolne kwasy tłuszczowe przyspieszają te procesy. W wyniku utleniania lipidów mięsa powstają liczne związki odpowiedzialne za niepożądany, zjełczały zapach i smak oraz tracone są cenne wielonienasycone kwasy tłuszczowe i witaminy [Bagchi i in., 2000; Falowo i in. 2014]. Niezależnie od pogorszenia smaku i zapachu, utlenianie lipidów mięsa niekorzystnie wpływa także na barwę, teksturę, wartość odżywczą i bezpieczeństwo żywności [Banon i in., 2007; Colindres i Brewer, 2011; Lorenzo i in., 2013]. Produkty utleniania tłuszczu są zwykle bardzo reaktywne. Łączą się z białkami i aminokwasami obniżając ich wartość odżywczą, a oksydacyjna denaturacja mioglobiny prowadzi do powstawania brązowej metmioglobiny, co jest odbierane przez konsumentów jako utrata świeżości mięsa [Sasse i in., 2009; Kim i in. 2013].

Ważną rolę w stabilizowaniu lipidów surowo dojrzewających produktów mięsnych ogrywiają substancje o działaniu przeciwutleniającym [Wójciak i in., 2011]. Azotyn sodu przeciwdziała katalitycznemu oddziaływaniu żelaza przez tworzenie stabilnych kompleksów z barwnikami hemowymi. Przeciwutleniacze wykazując działanie redukujące zapobiegają niekorzystnym procesom oksydacyjnym w mięsie i produktach mięsnych. Zwykle otrzymywane są na drodze syntezy chemicznej, lecz coraz częściej sięga się po antyoksydanty naturalnie występujące w roślinach np. w rozmarynie, szalwii, tymianku, aloesie, gorczycy, ale także w zielonej herbacie lub w serwatce kwasowej [Gawlik-Dziki 2004; Banon i in., 2007; Sasse i in., 2009; Wójciak i in., 2011; Salakova i in., 2012; Reddy i in. 2013; Wójciak i in., 2014].

Pestki winorośli właściwej, stanowiące produkt uboczny produkcji soków i wina, są bogatym źródłem aktywnych biologicznie związków chemicznych zwanych oligomerycznymi proantocyjanidynami [Lutomski i Mścisz, 2003; Banon i in., 2007; Maier i in., 2009; Salakova i in., 2012]. Wykazują szerokie spektrum działania biologicznego, farmakologicznego i terapeutycznego przeciw wolnym rodnikom oraz hamują stres oksydacyjny [Bagchi i in., 2000; Lutomski i Mścisz, 2003; Lorenzo i in., 2013; Falowo i in., 2014]. Proantocyjanidyny oddziałują pozytywnie na organizm człowieka poprzez hamowanie procesów oksydacyjnych, łagodzenie stanów zapalnych, aktywność agregacyjną płytek krwi oraz wykazując działanie przeciwnowotworowe i przeciwbakteryjne [Bagchi i in., 2000; Banon i in., 2007; Dinicola i in., 2014; Falowo i in., 2014]. Związki polifenolowe obecne w nasionach winorośli mogą być wykorzystane w technologii nowych produktów pochodzenia zwierzęcego, jako źródło związków biologicznie aktywnych, głównie przeciwutleniaczy [Salakova i in., 2012; Lorenzo i in., 2013; Reddy i in., 2013]. Brak jest jednak publikacji naukowych, które podejmują problem wykorzystania ekstraktu z pestek winogron jako efektywnego źródła substancji przeciwutleniających w technologii wyrobów mięsnych surowo dojrzewających. Celem pracy było określenie wpływu dodatku ekstraktu z pestek winogron

czerwonych (*Vitis vinifera* L.) na barwę i stabilność oksydacyjną surowo dojrzewającego baleronu podczas dwumiesięcznego przechowywania.

Materiał i metody badań

Surowiec do badań i dodatki

Surowcem do badań była karkówka wieprzowa z tusz świń rasy Wielka Biała Polska. Zwierzęta pochodziły z hodowli przemysłowej, a mięso uzyskano z Zakładów Mięsnych Cioczek w Lublinie.

W produkcji wykorzystano askorbinian sodu (StanLab), glukozę (Delecta) oraz mieszanekę pekującą o składzie: 56% peklosoli (Prymat), 43,5% soli kamiennej (o'Sole), 0,5% azotanu V sodu (POCH).

Wykorzystana do fermentacji probiotyczna kultura startowa *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12 pochodziła z kolekcji Chr. Hansen (DSM15954). Przygotowana została przez Katedrę Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności SGGW w Warszawie, zgodnie z metodą opisaną przez Liberę i in. [2014]. Bulion mięsny zawierał $9,0 \log \text{ jtk} \cdot \text{ml}^{-1}$ bakterii probiotycznych w hodowli wyjściowej.

Dodatki technologiczne nanoszono porcjami na powierzchnię karkówki i ręcznie wcierano przez ok. 3 minuty.

Przygotowanie ekstraktu z pestek winogron

Produkcję ekstraktu z pestek winogron czerwonych rozpoczynano 24 godz. przed jego użyciem. Od winogron oddzielano pestki, myto je pod strumieniem wody i suszono w temp. $50 \pm 5^\circ\text{C}$ przez 2 godz. Do kolby stożkowej ze szlifem odważano 30 g uprzednio zmielonych nasion i dodawano 200 ml ekstrahenta (40% wodny roztwór alkoholu etylowego). Mieszaninę wytrząsano przez 2 godz. W temp. $50 \pm 1^\circ\text{C}$ w wytrząsarce laboratoryjnej (Water Bath Shaker type 357, Elpan) przy $150 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ i częstotści 4. Zawiesinę filtrowano przez sącdek bibułowy, następnie rozdzielano w wirówce (High Speed Brushless Centrifuge MPW-350R, MPW Med. Instruments) przy $5000 \cdot g$ przez 15 minut. Supernatant zatężano w wyparce próżniowej (Rotavapor R-215, Büchi) w temperaturze $50 - 60^\circ\text{C}$ i przy ciśnieniu $100 - 175 \text{ hPa}$, do momentu odparowania 90% rozpuszczalnika. Następnie ekstrakt szczelnie zamykano i przechowywano w temperaturze $ok. 6 \pm 1^\circ\text{C}$. Porcje ekstraktu ($2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ mięsa) bezpośrednio przed zastosowaniem rozcieńczano wodą destylowaną do objętości 4 ml.

Produkcja surowo dojrzewającego baleronu

Materiałem badawczym był surowo dojrzewający baleron wyprodukowany w warunkach półtechnicznych Katedry Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Karkówkę dzielono na 3 równe masowo części i każdy kawałek peklowano „na sucho” ($30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ mięsa) przez 72 godz. w temp. $0 \pm 1^\circ\text{C}$. Wraz z mieszkanką peklującą aplikowano dodatki uzyskując trzy warianty doświadczalne:

- EPW – próba z dodatkiem ekstraktu z pestek winogron ($2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ mięsa),
- ASK – próba z dodatkiem askorbinianu sodu ($1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ mięsa),
- KON – próba kontrolna, bez dodatków.

Po zakończeniu peklowania do mięsa dodawano glukozę ($12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz kulturę startową *Bifidobacterium animalis* BB-12 ($9,3 \log \text{ cfu} \cdot \text{kg}^{-1}$). Tak przygotowaną karkówkę zawieszano na drążkach w laboratoryjnej komorze dojrzewającej, gdzie przebiegał proces fermentacji, obsuszanie i dojrzewanie w temperaturze 16°C przez 21 dni. Po tym czasie gotowy produkt pakowano w worki foliowe, hermetycznie zamykano i przechowywano bez dostępu światła w warunkach chłodniczych ($4 \pm 1^\circ\text{C}$).

Metody badawcze

Badania produktu prowadzono bezpośrednio po wyprodukowaniu oraz po 1 i 2 miesiącach chłodniczego przechowywania. Wykonano dwie serie badań w czterech powtórzeniach dla każdego z wariantów. Określano barwę wyrobu metodą instrumentalną, kwasowość czynną oraz intensywność procesów oksydacyjnych przez oznaczenie ilości wolnych kwasów tłuszczowych (FFA) oraz stężenia produktów reakcji z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS).

Pomiar parametrów barwy wykonywano w sześciu miejscach świeżo odsłoniętej powierzchni przekroju poprzecznego, tj. plastra baleronu o grubości 10 mm. Użyto spektrofotometru sferycznego (X-RiteColor 8200, X-Rite Inc.) z otworem pomiarowym o średnicy 13 mm, i oświetlaczem D65 (widmo światła słonecznego) dla pola widzenia 10° . Do kalibracji spektrofotometru wykorzystano wzorzec bieli o parametrach: $L^* = 95,87$, $a^* = -0,49$ i $b^* = 2,39$. Parametry barwy przedstawiono w systemie CIE $L^*a^*b^*$, gdzie: a^* i b^* są współrzędnymi barwy, a L^* jest psychometrycznym indeksem jasności [CIE, 1978].

Wartość pH oznaczano w ekstrakcie wodnym uzyskanym z mieszaniny 10 g rozdrobnionego mięsa i 50 ml zimnej wody destylowanej. Pomiaru w temperaturze 20°C dokonywano przy użyciu elektrody zespolonej (ERH-111, Hydromet) i pH/konduktometru (CP-501, Elmetron) [PN ISO 2917:2001].

Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych (FFA) oznaczano zgodnie z metodą opisaną przez Koniecko [1979] zmodyfikowaną przez Malik i Sharma [2011]. Homogenat wykonany z 10 g rozdrobnionego mięsa, 60 ml chloroformu (POCH) i 10 g bezwodnego siarczanu sodu (POCH) rozdzielano na sączku z bibuły filtracyjnej. 20 ml przesączu suszono przy użyciu próżniowej suszarki laboratoryjnej (DZ-2BCII, ChemiLand) w celu ustalenia zawartości tłuszczu. Pozostały przesącz miareczkowano 0,1-molowym etanolem (POCH) roztworem KOH (POCH) wobec 0,2% fenoloftaleiny (StanLab), aż do uzyskania

bladuróżowego zabarwienia. Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych wyrażano w % kwasu oleinowego, zgodnie z zależnością:

$$\text{FFA} [\% \text{ kwasu oleinowego}] = (0,1 \cdot V \cdot 28,2) \cdot m^{-1}$$

gdzie: V – ilość 0,1-molowego alkoholowego KOH zużytego do miareczkowania [ml], m – masa tłuszczu [g].

Wskaźnik TBARS oznaczano zmodyfikowaną metodą opisaną przez Pikula i in. [1989]. Mieszaninę 3 g rozdrobnionego mięsa, 12 ml 4% zimnego kwasu nadchlorowego (POCH) i 200 μl 0,01% etanolowego (POCH) roztworu BHT (Sigma-Aldrich) homogenizowano przez 1 min przy pomocy homogenizatora laboratoryjnego (T25 Basic Ultra-Turrax, IKA) i rozdzielano na sączku z bibuły filtracyjnej. Następnie 650 μl przesącza mieszano z 650 μl 0,17% roztworu wodnego kwasu 2-tiobarbiturowego (Sigma-Aldrich) i inkubowano w 100°C przez 20 min. Pomiaru absorbancji przy długości fali 532 nm dokonywano w temp. ok. 20°C, z wykorzystaniem spektrofotometru Nicolet Evolution 300 (Thermo Electron Corp.). Próbkę odniesienia stanowiła mieszanina sporządzona z 650 μl 4% zimnego kwasu nadchlorowego i 650 μl 0,17% roztworu wodnego kwasu 2-tiobarbiturowego. Wyniki wyrażano w miligramach MDA (dialdehyd malonowy) w 1 kg produktu, zgodnie z zależnością:

$$\text{TBARS} [\text{mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}] = 5,5 \cdot \text{Abs}$$

gdzie: Abs – wartość absorbancji badanej próby, 5,5 – współczynnik przeliczeniowy wyliczony z krzywej standardowej i stosowanych rozcieńczeń.

Wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, uwzględniając wpływ dodanego przeciwutleniacza oraz czasu przechowywania na zmiany wybranych parametrów fizykochemicznych. Istotność różnic wartości średnich weryfikowano testem Tukey'a, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Nie stwierdzono wpływu dodatku ekstraktu z pestek winogron (EPW) ani dodatku askorbinianu sodu (ASK) na zmianę jasności barwy (L^*) baleronów (Tab. 1). Parametr ten był modyfikowany jedynie okresem składowania. W próbach EPW i ASK po chłodniczym przechowywaniu stwierdzono wartość jasności barwy niższą o ok. 12% w porównaniu z wartością zmierzoną bezpośrednio po fermentacji. W baleronach wyprodukowanych bez dodatku przeciwutleniacza (KON) wartość jasności była niższa o 24%. W próbie tej stwierdzono także największy wzrost (o 30%) wartości parametru charakteryzującego udział składowej czerwonej w barwie przechowywanego wyrobu. Obniżenie wartości parametru L^* przy jednoczesnym wzroście parametru a^* oznacza zmianę barwy baleronu w kierunku ciemnoczerwonej lub brunatnej.

Tab. 1. Parametry barwy i wartość pH surowo dojrzewającego baleronu podczas przechowywania

Okres przechowywania [miesiące]	Próba	Wartość pH	Wyróżniki barwy CIE $L^*a^*b^*$	
			Jasność (L^*)	Żółtość (b^*)
		$x \pm SD$	$x \pm SD$	$x \pm SD$
0	KON	$5,78 \pm 0,07^{aA}$	$52,8 \pm 1,76^{aA}$	$11,5 \pm 0,63^{aA}$
	ASK	$5,71 \pm 0,08^{aA}$	$51,3 \pm 2,37^{aA}$	$13,0 \pm 0,07^{aA}$
	EPW	$5,76 \pm 0,06^{aA}$	$48,6 \pm 1,54^{aA}$	$11,7 \pm 1,08^{aA}$
1	KON	$5,51 \pm 0,07^{aB}$	$42,9 \pm 1,75^{aB}$	$11,9 \pm 0,60^{aA}$
	ASK	$5,45 \pm 0,07^{aB}$	$45,0 \pm 1,87^{aB}$	$12,8 \pm 0,81^{aA}$
	EPW	$5,55 \pm 0,07^{aA}$	$44,4 \pm 1,47^{aB}$	$12,1 \pm 0,93^{aA}$
2	KON	$5,47 \pm 0,05^{aB}$	$40,1 \pm 1,50^{aB}$	$11,1 \pm 0,62^{aA}$
	ASK	$5,40 \pm 0,06^{aB}$	$45,6 \pm 1,71^{aB}$	$12,1 \pm 0,98^{aA}$
	EPW	$5,47 \pm 0,06^{aB}$	$42,4 \pm 1,61^{aB}$	$12,3 \pm 0,92^{aA}$

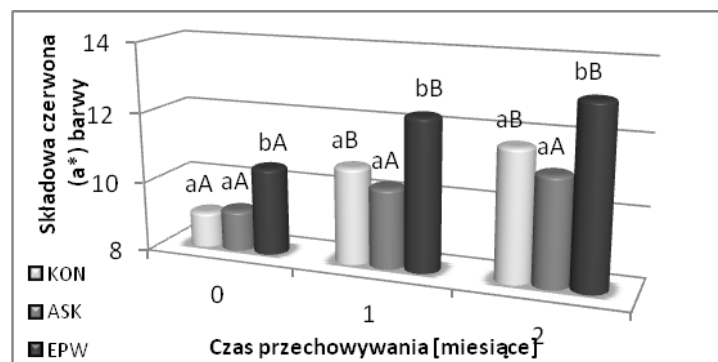
Objaśnienia:

KON - próba kontrolna, ASK - próba z dodatkiem askorbinianu sodu, EPW - próba z dodatkiem ekstraktu z pestek winogron; $x \pm SD$ - wartość średnia i odchylenie standardowe;

Wartości oznaczone różnymi małymi literami (dodatek) oraz różnymi dużymi literami (czas przechowywania) w kolumnach, różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

Baleron z dodatkiem ekstraktu z pestek winogron (EPW) był podczas przechowywania bardziej czerwony od pozostałych (KON, ASK). W próbie EPW stwierdzono ($p \leq 0,05$) wyższe o ok. 15% wartości parametru a^* w porównaniu z pozostałymi próbami (Rys. 1.). Wyniki te świadczą o antyoksydacyjnym działaniu ekstraktu. Stabilizuje on barwę wyrobu hamując przemianę czerwonej mioglobiny do brązowej metmioglobiny. Zastosowane dodatki i okres przechowywania baleronu nie modyfikowały wartości parametru b^* (Tab. 1). Składowa żółta barwy baleronów zawierała się w przedziale od 11,1 do 13,0.

Nie stwierdzono wpływu użytych dodatków na wartość kwasowości czynnej baleronów (Tab. 1). We wszystkich wariantach (EPW, ASK, KON) wartości były podobne (5,40 - 5,78) i nie różniły się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$). Podczas dwumiesięcznego składowania baleronów wartość pH zmalała o ok. 5%. Wzrost kwasowości produktu spowodowany był aktywnością kultury startowej. Zastosowany do fermentacji karkówki, probiotyczny szczep *Bifidobacterium* BB-12 wytwarza znaczne ilości kwasów organicznych modyfikujących pH baleronu.

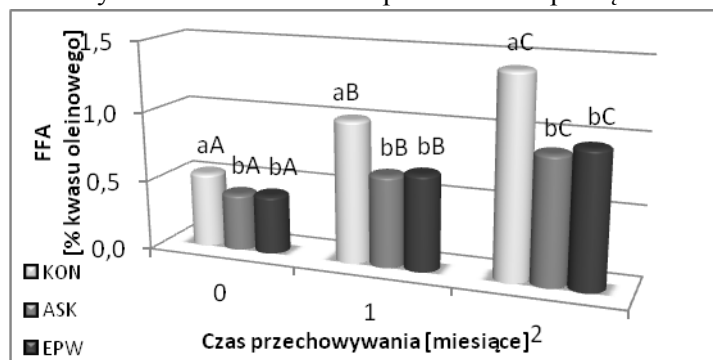


Rys. 1. Składowa czerwona a^* barwy baleronów podczas przechowywania

Objaśnienia:

KON – próba kontrolna, ASK – próba z dodatkiem askorbinianu sodu, EPW – próba z dodatkiem ekstraktu z pestek winogron; wartości oznaczone różnymi małymi literami (dodatek) oraz różnymi dużymi literami (czas przechowywania), różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

Proces utleniania postępował we wszystkich próbkach w miarę upływu czasu. Stwierdzono istotny statystycznie ($p \leq 0,05$) wpływ dodatku ekstraktu z pestek winogron na hamowanie hydrolizy tłuszczów (Rys. 2.). W próbie EPW stwierdzono niższe stężenie wolnych kwasów tłuszczowych (FFA) podobne do uzyskanego w próbie ASK. Bezpośrednio po zakończeniu 21-dniowej fermentacji zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w próbach EPW i ASK była niższa o 22%, a po przechowywaniu niższa o 33% w porównaniu z próbą KON.

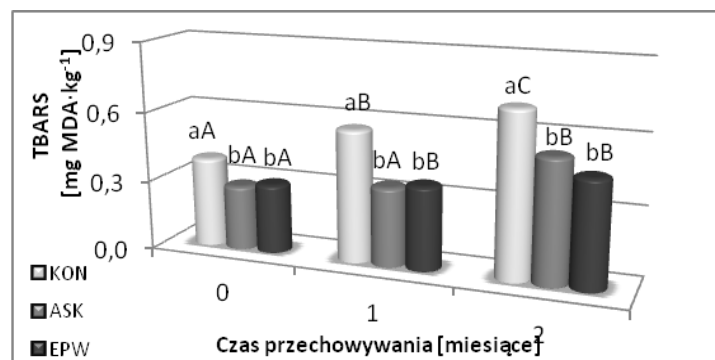


Rys. 2. Zawartość FFA w baleronach podczas przechowywania

Objaśnienia:

KON – próba kontrolna, ASK – próba z dodatkiem askorbinianu sodu, EPW – próba z dodatkiem ekstraktu z pestek winogron; wartości oznaczone różnymi małymi literami (dodatek) oraz różnymi dużymi literami (czas przechowywania), różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

Otrzymane wyniki świadczą o efektywnych właściwościach redukujących substancji przeciwutleniających występujących w ekstrakcie z pestek winogron.



Rys. 3. Wskaźnik TBARS w baleronach podczas przechowywania

Objaśnienia:

KON – próba kontrolna, ASK – próba z dodatkiem askorbinianu sodu, EPW – próba z dodatkiem ekstraktu z pestek winogron; wartości oznaczone różnymi małymi literami (dodatek) oraz różnymi dużymi literami (czas przechowywania), różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

Balerony wyprodukowane z dodatkami (EPW i ASK) charakteryzowały się podwyższoną stabilnością oksydacyjną podczas przechowywania w porównaniu z KON. Przeciwtleniacze z podobną skutecznością hamowały niekorzystne zmiany tłuszczów. Bezpośrednio po produkcji w próbie EPW stwierdzono niższe o ok. 21% stężenie związków reagujących z kwasem 2-tiobarbiturowym niż w KON. Po dwóch miesiącach przechowywania baleronów w warunkach chłodniczych stwierdzono 35% różnicę pomiędzy próbami EPW a KON. Wartość wskaźnika TBARS po dwumiesięcznym przechowywaniu baleronów z dodatkiem EPW wynosiła $0,46 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$ i była niższa od próbki ASK ($0,53 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Wnioski

1. Dodatek ekstraktu z pestek winogron do surowo dojrzewającego baleronu korzystnie wpływa na barwę produktu. Jego przekrój był bardziej czerwony (o 15%) w porównaniu z przekrojem baleronu z dodatkiem askorbinianu sodu i baleronu bez dodatków.
2. Dodatek ekstraktu z pestek winogron skutecznie hamuje procesy hydrolizy tłuszczów zachodzące w surowo dojrzewającym baleronie obniżając zawartość wolnych kwasów tłuszczowych o 33% po dwóch miesiącach chłodniczego przechowywania.
3. Ekstrakt z pestek winogron, ze skutecznością podobną do askorbinianu sodu, przeciwdziałała niekorzystnym zmianom oksydacyjnym w baleronach podczas dwumiesięcznego chłodniczego przechowywania.

4. Wyniki eksperymentu świadczą o efektywnych właściwościach przeciwutleniających naturalnych substancji występujących w ekstrakcie wyprodukowanym z pestek winogron (*Vitis vinifera* L.).

Literatura

- [1] Bagchi D., Bagchi M., Stohs S.J., Das D.K., Ray S.D., Kuszynski C.A., Joshi S.S., Pruess H.G.: Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human Health and disease prevention. *Toxicology* 2000, 148, 187-198.
- [2] Banon S., Diaz P., Rodriguez M., Garrido M.D., Price A.: Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. *Meat Science* 2007, doi: 10.1016/meatsci.2007.05.015.
- [3] Colindres P., Brewer M.S.: Oxidative stability of cooked, frozen reheated beef patties: effect of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2011, 91, 963-968.
- [4] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 Colorimetry. Paris, France: Bureau Central de la CIE 1987.
- [5] Dinicola S., Pasqualato A., Cucina A., Coluccia P., Ferranti F., Canipari R., Catizone A., Proietti S., D'Anselmi F., Ricci G., Palombo A., Bizzarri M.: Grape seed extract suppresses MDA-MB231 breast cancer cell migration and invasion. *European Journal of Nutrition* 2014, doi: 10.1007/s00394-013-0542-6.
- [6] Falowo A.B., Foyemi P.O., Muchenje V.: Natural antioxidant against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International* 2014, doi: 10.1016/j.foodres.2014.06.022.
- [7] Gawlik-Dziki U.: Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 4(41) S, 29-40.
- [8] Kim S., Min S.C., Shin H., Lee Y., Cho A.R., Kim S., Han J.: Evaluation of the antioxidant activities and nutritional properties of ten edible extracts and their application to fresh ground beef. *Meat Science*, 2013, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.11.029.
- [9] Koniecko E.S.: Handbook for meat chemists. Avery Publishing Group, Inc. Wayne, New Jersey, USA 1979.
- [10] Libera J., Sionek B., Dolatowski Z.J.: Wpływ probiotyków na wybrane parametry fizykochemiczne i mikrobiologiczne surowo dojrzewających baleronów podczas przechowywania. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 2014, 577, 83-92.
- [11] Libera J., Karwowska M., Stasiak D.M., Dolatowski Z.J.: Microbiological and physicochemical properties of dry-cured neck inoculated with probiotic of *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12. *International Journal of Food Science and Technology*, 2015, doi: 10.1111/ijfs.12806.

- [12] Lorenzo J.M., Gonzalez-Rodriguez R.M., Sanchez M., Amado I.R., Franco D.: Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on physical, chemical, microbiological and sensory characteristic of dry cured sausage "chorizo". Food Research International, 2013, doi: 10.1016/j.foodres.2013.07.064.
- [13] Lutomski J., Mścisz A.: Znaczenie prewencyjne związków polifenolowych zawartych w winogronach. Postępy fitoterapii 2003, 1, 6-10
- [14] Maier T., Schieber A., Kammerer D.R., Carle R.: Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. Food Chemistry 2009, doi: 10.1016/j.foodchem.2008.06.005.
- [15] Malik A.H., Sharma B.D.: Use of hurdle techniques to maintain the quality of vacuum packed buffalo meat during ambient storage temperatures. African Journal of Food Science 2011, 5 (11), 626-636.
- [16] Pikul J., Leszczyński D.E., Kummerow, F.A.: Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. Journal of Agricultural and Food Chemistry 1989, 37, 1309–1315.
- [17] PN ISO 2917:2001. Mięso i przetwory mięsne. Pomiar pH. Metoda odwoławcza.
- [18] Reddy G.V.B, Sen A.R., Nair P.N., Reddy K.S., Reddy K.K., Kondaiah N.: Effects of grape seed extract on the oxidative and microbial stability of restructured mutton slices. Meat Science 2013, doi: 10.1016/j.meatsci.2013.04.016.
- [19] Salakova A., Pavlik Z., Kamenik J., Cech Z., Steinhauserova I.: The use of extract from blue grapes in the manufacturing of dry sausages. Maso International 2012, 1, 39-43.
- [20] Sasse A., Colindres P., Brewer M.S.: Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of cooked, frozen pork patties. Journal of Food Science 2009, doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00979.x.
- [21] Wójciak K.M., Dolatowski Z.J., Okoń A.: The effect of water plant extracts addition on the oxidative stability of meat products. Acta Scientiarum Polonorum 2011, 10 (2), 175-188.
- [22] Wójciak K.M., Karwowska M., Dolatowski Z.J.: Use of acid whey and mustard seed to replace nitrites during cooked sausage production. Meat Science 2014, doi: 10.1016/meatsci.2013.09.002.

PORÓWNANIE JAKOŚCI I WARTOŚCI ODŻYWCZEJ MĄKI ŻYTNIEJ, PSZENNEJ I ORKISZOWEJ Z PEŁNEGO PRZEMIAŁU

DOROTA LITWINEK, HALINA GAMBUŚ, RENATA SABAT, ANNA
WYWROCKA-GURGUL, MAGDALENA LASKOŚ

Streszczenie

Celem pracy było porównanie wartości odżywczej handlowych mąk z pełnego przemiału (żytniej, pszennej i pszennej orkiszowej) dostępnych na polskim rynku, w oparciu o podstawowy skład chemiczny oraz sprawdzenie przydatności technologicznej tych mąk.

Materiałem do badań była mąka żytnia (wg producenta typu 2000), mąka pszenna (wg producenta typu 1850) oraz mąka orkiszowa (wg producenta pełnoziarnista). Analizowano skład chemiczny badanych mąk, tj. oznaczono: zawartość wody, białka, popiołu, błonnika pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej) oraz zawartość tłuszczu.

Oznaczono także kwasowość miareczkową oraz tłuszczową mąk oraz liczbę opadania. Ponadto analizowano lepkość mąk i wyznaczono ich charakterystykę kleikowania metodą amylograficzną. Dodatkowo przeprowadzono analizę farinograficzną mąk pszennych (z pszenicy zwyczajnej i pszenicy orkisz).

Wykazano, że mąka pszenna orkiszowa zawierała istotnie więcej białka, tłuszczu i składników mineralnych, ale zawierała najmniej błonnika pokarmowego, niż pozostałe oceniane mąki, przy czym mąka żytnia odznaczała się największą zawartością błonnika pokarmowego, zarówno frakcji rozpuszczalnej, jak i nierozpuszczalnej. Oceniana mąka żytnia i mąka pszenna, adekwatnie do oznaczonej popiołowości, odznaczały się niższym typem, określonym na podstawie Polskiej Normy (PN-A-74022:2003 i PN-A-74032:2003), niż podany przez producentów.

Na podstawie charakterystyki kleikowania stwierdzono, że mąka żytnia kleikowała w najniższej temperaturze, tworząc najsłabsze kleiki, co świadczy o wysokiej aktywności enzymatycznej tej mąki, potwierdzonej najmniejszą liczbą opadania. Największą lepkością odznaczały się kleiki z mąki pszennej z pszenicy zwyczajnej. Mąka ta charakteryzowała się też największą liczbą opadania (LO).

Słowa kluczowe: mąka pełnoziarnista, przydatność technologiczna, wartość odżywcza

Wprowadzenie

Żywnościowcy na całym świecie zalecają spożywanie kilku porcji produktów zbożowych dziennie, rekomendując szczególnie produkty pochodzące z pełnego

przemiału. Uważa się, że połowa konsumowanych produktów zbożowych powinna pochodzić z pełnego przemiału [Slavin i in., 2001; Gąsiorowski, 2004; Liu, 2007].

Produkty pełnoziarniste zgodnie z definicją AACC, powinny zawierać w swoim składzie wszystkie części anatomiczne ziarniaka tj. bielmo, zarodek, okrywę owocowo-nasienną w proporcjach takich samych, jak występują one w ziarniaku. Wśród takich produktów wymienia się, poza produktami razowymi, wyroby produkowane z mąk wyciągowych, wzbogacane w odpowiednim stopniu w peryferyjne części ziarniaka. Ważne, aby skład chemiczny produktów pełnoziarnistych był jak najbardziej zbliżony do składu chemicznego nieprzetworzonego ziarna [AACC, 2000; Sobota i Dobosz, 2010]. Amerykański Urząd ds. Żywności i Leków (FDA) zdefiniował, że produkt pełnoziarnisty to taki, którego co najmniej 51 % masy stanowi frakcja całościowa [Zawadzki, 2009].

Mąki pełnoziarniste w odróżnieniu od mąk jasnych są bardzo dobrym źródłem błonnika pokarmowego, pełniącego istotną rolę w metabolizmie człowieka. Obecnie w Polsce zaleca się spożywanie od 20-40 g błonnika pokarmowego na osobę, na dzień [Kunachowicz i Paczkowska, 2008]. Poza ilością dostarczanego błonnika, istotny jest również stosunek jego frakcji rozpuszczalnej do nierozpuszczalnej, który powinien wynosić 2:3 [Slavin, 2005]. Rozpuszczalna frakcja błonnika pokarmowego, tworząca w wodzie galaretowane żele, spowalnia wchłanianie w jelicie cienkim glukozy i tłuszczów, a także kontroluje uwodnienie masy kałowej i usuwanie toksyn z organizmu. Natomiast frakcja nierozpuszczalna, która chłonąc wodę pęcznieje, wpływa na stymulowanie perystaltyki jelit i zwiększenie masy stolca, zapobiegając tym samym zaparciom. Frakcja ta znacznie wolniej ulega częściowej fermentacji, ale również wspomaga organizm w usuwaniu toksyn, dlatego też przeciwdziała powstawaniu nowotworów układu pokarmowego [Slavin, 2005; Warrand, 2006; Cummings i Stephen, 2007]. [Poza znaczną ilością błonnika pokarmowego, produkty pełnoziarniste są dobrym źródłem białka i składników mineralnych oraz wielu innych związków o charakterze odżywczym i dietetycznym [Liu, 2007].

Coraz szersze grono konsumentów jest zainteresowane produktami pełnoziarnistymi, w tym chlebami wypieczonymi z ciemnych mąk wysokowyciągowych. Niestety, często jakość surowców do wypieku tych chlebów jest bardzo niska. Dlatego celem pracy było porównanie wartości odżywczej handlowych mąk z pełnego przemiału (żytniej, pszennej i pszennej orkiszowej) dostępnych na polskim rynku, w oparciu o podstawowy skład chemiczny oraz sprawdzenie przydatności technologicznej tych mąk.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były:

- mąka żytnia (wg producenta typu 2000),
- mąka pszenna (wg producenta typu 1850),

- mąka orkiszowa (wg producenta pełnoziarnista, bez podania typu mąki).

W ww. mąkach, metodami AOAC, oznaczono zawartość: białka ogółem (met. 950.36) prowadząc destylację w automatycznym aparacie destylacyjnym Kjeltac 2200 (Foss, Dania), błonnika pokarmowego ogółem (w tym frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w wodzie – met. 991.43), a także związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego (met. 930.05). Ponadto oznaczono zawartość popiołu całkowitego spopielając próbkę w 900°C, w celu wyznaczenia typu mąki zgodnie z PN –ISO 2171:1994. Zawartość tłuszczu surowego oznaczono zgodnie z PN-A-74039:1964, przeprowadzając ekstrakcję w analizatorze tłuszczu Soxtec Avanti 2055 (Foss, Dania).

Oznaczono także kwasowość miareczkową oraz tłuszczową mąk (PN-ISO 7305:2001) oraz liczbę opadania w aparacie Hagberga-Pertena (ZBPP, Bydgoszcz, Polska) zgodnie z PN-EN ISO 3093:2007.

Ponadto analizowano lepkość mąk i wyznaczono ich charakterystykę kleikowania metodą amylograficzną, w urządzeniu Micro Visco Amylograph (Brabender, Niemcy) po domieleniu próbek mąki w młynku laboratoryjnym typ 3100 (Perten, Szwecja). Oznaczenie to wykonano w oparciu o normę PN-ISO-7973, z modyfikacją własną na podstawie ICC STANDARD No. 126/1, polegającą na wykonaniu pełnej analizy, łącznie z chłodzeniem próbki. Sporządzono 115 g zawiesiny wodnej, w której s.s. mąki stanowiła 15 g. Zastosowano następujące parametry pomiaru: przyrost temperatury 7,5°C / min, zakres pomiarowy 300 [cmg], próbkę ogrzewano od 30°C do 92°C, po czym przetrzymywano 10 min w 92°C, po czym próbkę chłodzono do 25°C, i w tej temperaturze przetrzymywano przez kolejne 10 min. Pojemnik pomiarowy obracał się z szybkością 250 obrotów/min. Charakterystykę kleikowania wykonano dla każdej próbki w dwóch powtórzeniach.

Dodatkowo oznaczono wodochłonność mąk pszennych (z pszenicy zwyczajnej i pszenicy orkisz) oraz zbadano właściwości reologiczne otrzymanego z nich ciasta, w farinografie firmy Brabender - Farinograpf E (Niemcy), zgodnie z metodologią PN-ISO 5530-1:1999.

Wyniki przedstawiono w postaci wartości średnich $\pm$ SD (odchylenie standardowe). Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) w programie Statistica 10. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana przy $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wartość odżywcza i dietetyczna produktów zbożowych zależy w głównej mierze od składu chemicznego przetwarzanego zboża oraz stopnia jego przetworzenia, bowiem im większy jest udział cząstek z warstw peryferyjnych ziarna w danym produkcie, tym większy w nim udział składników cennych z punktu widzenia żywienia człowieka [Liu, 2007; Dewettinck i in., 2008].

Wszystkie rodzaje mąk istotnie różniły się zawartością podstawowych składników chemicznych (Tab. 1). Mąki pszenne: typu 1850 oraz orkiszowa, zawierały istotnie więcej białka, tłuszczu i składników mineralnych, w porównaniu do mąki żytniej typu 2000, jednocześnie mąka żytnia zawierała istotnie więcej błonnika pokarmowego, zarówno jego frakcji rozpuszczalnej jak i nierozpuszczalnej, co jest wynikiem większego udziału części zewnętrznych, tj. okrywy owocowo-nasiennej, warstwy aleuronowej i zarodka w masie ziarniaka [Gąsiorowski, 1994].

Tab. 1. Wartość odżywcza badanych mąk

Zawartość składników chemicznych [g/100 g s.m.]		Mąka żytnia typ 2000	Mąka pszenna typ 1850	Mąka orkiszowa razowa
Białko ogółem		6,26 a $\pm$ 0,04 [N x 5,7]	10,00 b $\pm$ 0,08 [N x 6,25]	11,83 c $\pm$ 0,06 [N x 6,25]
Tłuszcz surowy		1,77 a $\pm$ 0,01	2,15 b $\pm$ 0,05	2,82 c $\pm$ 0,04
Popiół [PN-ISO 2171]		1,35 a $\pm$ 0,01	1,48 b $\pm$ 0,02	2,00 c $\pm$ 0,04
Popiół całkowity [AOAC]		1,63 b $\pm$ 0,01	1,52 a $\pm$ 0,02	2,09 c $\pm$ 0,03
Błonnik pokarmowy	Frakcja nierozpuszczalna	10,48 c $\pm$ 0,06	10,04 b $\pm$ 0,08	8,88 a $\pm$ 0,03
	Frakcja rozpuszczalna	3,97 c $\pm$ 0,04	2,26 b $\pm$ 0,03	1,43 a $\pm$ 0,01
	Ogółem	14,45 c $\pm$ 0,10	12,3 b $\pm$ 0,11	10,31 a $\pm$ 0,01

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się istotnie przy $p < 0,05$.

Cechą charakterystyczną ziarna żyta, w porównaniu do ziarna pszenicy, jest niewielka zawartość białka, jednak białko to odznacza się większą wartością biologiczną, ponieważ zawiera więcej albumin i globulin, a mniej białek zapasowych - prolamin. Jednocześnie białko to zawiera więcej lizyny, o ok. 30% w porównaniu z ziarnem pszenicy, przez co jest lepiej wykorzystywane przez organizm człowieka [Matras i Szost, 2009]. Ponadto ziarno żyta jest również bardzo dobrym źródłem błonnika pokarmowego, w skład którego wchodzi między innymi znaczne ilości pentozanów i beta-glukanów, stanowiące rozpuszczalną frakcję błonnika pokarmowego – dzięki temu jest ona bardzo cenna w profilaktyce niektórych chorób dietozależnych [Rakha i in., 2010].

Ziarno pszenicy orkisz, w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej, na ogół odznacza się większą zawartością białka oraz tłuszczu [Escarnot i in., 2012], co potwierdzają wyniki badań zamieszczonych w Tabeli 1. Jednocześnie obserwuje się w nim mniejszą zawartość błonnika pokarmowego, szczególnie frakcji nierozpuszczalnej [Escarnot i in., 2012], co również potwierdzają wyniki analiz

wykonanych w tej pracy (Tab. 1), ponadto zaobserwowano istotnie mniejszą (o ok. 40%) zawartość frakcji rozpuszczalnej w mące z pszenicy orkisz.

Biorąc pod uwagę oznaczoną zawartość popiołu oraz wymagania Polskiej Normy: PN-A-74022:2003 i PN-A-74032:2003, badaną mąkę żytnią należy uznać za mąkę typu 1400 (a nie typu 2000, jak deklaruje producent), ponieważ zawartość tego składnika mieściła się w granicach 1,31-1,60 %. Podobnie mące pszennej należy przypisać typ 1400, ponieważ oznaczona w niej zawartość popiołu mieściła się w granicach 1,21-1,60 %. Natomiast zgodnie z Polską Normą mąkę orkiszową należy uznać za mąkę typu 2000, czyli mąkę razową.

Większa zawartość składników mineralnych w mące pszennej orkiszowej wpłynęła na większą kwasowość tej mąki, w porównaniu do mąki pszennej typu 1850 (Tab. 2), natomiast największą kwasowością odznaczała się mąka żytnia, co z pewnością było spowodowane jej wysoką aktywnością enzymatyczną. Obecnie, zgodnie z PN-ISO 7305, podstawą do oceny świeżości produktu i zmian biochemicznych zachodzących w czasie przechowywania, jest oznaczenie kwasowości tłuszczowej mąki. Spośród badanych mąk tylko mąka pszenna wykazała tę kwasowość poniżej 50 mg KOH/100 g s.m. Jak wykazała Szafrąńska [2009], ten znormalizowany parametr jakości mąki powinien być zróżnicowany, w zależności od ilości popiołu zawartego w mące. Jak bowiem wykazała Autorka, tylko mąki pochodzące z bieżącej produkcji, o zawartości popiołu poniżej 0,6% s.m. spełniały tę normę, a próbki mąki o większej popiołowości odznaczały się zawsze wyższą kwasowością tłuszczową.

Tab. 2. Wybrane parametry jakości badanych mąk

Badana cecha	Mąka żytnia typ 2000	Mąka pszenna typ 1850	Mąka orkiszowa razowa
Wilgotność [g/100 g]	14,5 c $\pm$ 0,1	12,8 b $\pm$ 0,1	11,9 a $\pm$ 0,1
Kwasowość [°kw]	8,0 c $\pm$ 0	4,0 a $\pm$ 0	6,0 b $\pm$ 0
Kwasowość tłuszczowa [mg KOH/100 g s.m.]	70 c $\pm$ 0	36 a $\pm$ 0	60 b $\pm$ 0
Liczba opadania [s]	105 a $\pm$ 1	356 c $\pm$ 2	249 b $\pm$ 3

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się istotnie przy $p < 0,05$.

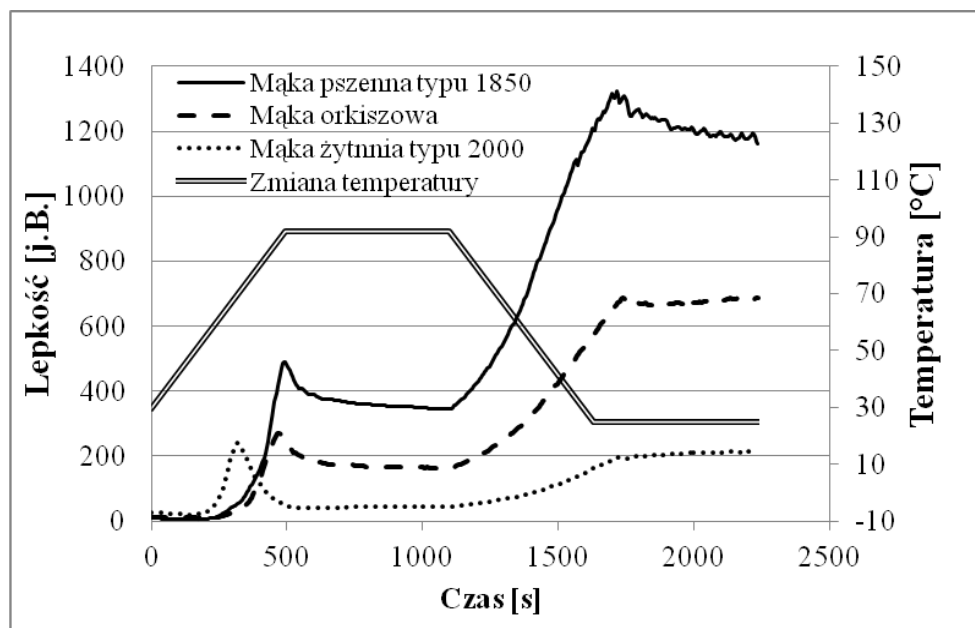
Istotnym parametrem z punktu widzenia wartości wypiekowej mąki jest jej aktywność enzymatyczna. W prezentowanych badaniach aktywność tę charakteryzowano za pomocą liczby opadania (Tab. 2) oraz charakterystyki

kleikowania wodnych zawiesin mąki (Tab. 3). Przebieg charakterystyki kleikowania badanych mąk wykazał istotne różnice, co można zaobserwować na Rys. 1 oraz w Tab. 3. Na podstawie charakterystyki kleikowania stwierdzono, że mąka żytnia kleikowała w najniższej temperaturze (56,5°C), tworząc kleiki o najniższej lepkości, co świadczy o bardzo wysokiej aktywności enzymatycznej tej mąki, a czego potwierdzeniem była niska liczba opadania (LO), najmniejsza spośród wszystkich badanych mąk.

Tab. 3. Charakterystyka kleikowania wodnych zawiesin mąk

Badana cecha	Mąka żytnia typ 2000	Mąka pszenna typ 1850	Mąka orkiszowa razowa
A [°C] Temperatura kleikowania	56,5 a ± 0,2	61,9 b ± 0,6	64,0 c ± 0,3
B [j.B.] Lepkość maksymalna	231,5 a ± 12,0	491,5 c ± 0,7	270,0 b ± 1,4
BT [°C] Temperatura w max. lepkości	91,4 b ± 0,1	89,8 a ± 0,1	91,6 b ± 0,1
C [j.B.] Lepkość w temperaturze 92°C	40,0 a ± 2,8	409,0 c ± 2,8	197,0 b ± 1,4
D [j.B.] Lepkość po 10 minutach w temperaturze 92°C	43,5 a ± 3,5	348,5 c ± 6,4	161,5 b ± 0,7
E [j.B.] Lepkość w temperaturze 25°C	152,5 a ± 12,0	1205,5 c ± 3,5	560,0 b ± 22,6
F [j.B.] Lepkość po 15 minutach w temperaturze 25°C	201,5 a ± 16,3	1178,0 c ± 12,7	680,5 b ± 7,8
BD Spadek lepkości kleiku po przetrzymaniu w 92°C	188,0 c ± 8,5	143,0 b ± 5,7	108,5 b ± 0,7
ED Wzrost lepkości kleiku po ochłodzeniu do 25°C	109,0 a ± 8,5	857,0 c ± 2,8	398,5 b ± 21,9

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się istotnie przy $p < 0,05$.



Rys. 1. Przebieg charakterystyki kleikowania badanych mąk pełnoziarnistych

Obserwowano zmniejszenie lepkości (BD) uzyskanych kleików podczas przetrzymywania w temperaturze 92°C i ciągłego mieszania, w największym stopniu dotyczyło ono kleików z mąki żytniej, co świadczy o niewielkiej odporności ziarenek skrobiowych na oddziaływanie wysoką temperaturą i siłami ścinania na tę mąkę. Po ochłodzeniu kleików obserwowano wzrost lepkości, co jest wynikiem tworzenia się wiązań wodorowych, pomiędzy składowymi kleików, a co można interpretować jako podatność skrobi na retrogradację [Berski i Gambuś, 2014]. W przypadku badanych mąk zaobserwowano, że kleik z mąki żytniej charakteryzował się najmniejszym wskaźnikiem wzrostu lepkości w czasie schładzania (ED), co sugeruje korzystny wpływ zastosowania tej mąki na ograniczenie procesu czerstwienia wypieczonego z niej pieczywa. Największy odnotowany wzrost lepkości (ED) kleików z mąki pszennej (Tab. 3), sugeruje zależność odwrotną.

Podczas wypieku chleba żytniego podstawową rolę strukturotwórczą pełnią speptyzowane białka, które wraz ze śluzami (pentozanami) dają roztwór o dużej lepkości, z zawieszonymi w nim uwodnionymi ziarenkami skrobi. Ziarenka skrobi podczas wypieku kleikują, pozwalając na wytworzenie porów w miększu i na utrzymanie spulchnionej struktury ciasta. Natomiast zasadniczą rolę w tworzeniu ciasta pszennego odgrywają nierozpuszczalne w wodzie frakcje białka tj. gliadyna i glutenina. Wiążą one znaczną część wody, dając gluten, który podczas miesienia ciasta tworzy gąbczasto-siatkową strukturę tzw. szkielet ciasta.

Zmiany właściwości glutenu podczas miesienia ciasta chlebowego, można dobrze scharakteryzować za pomocą cech reologicznych ciasta.

Badania reologiczne pozwalają na uzyskanie pełniejszej informacji o jakości mąki, w porównaniu do pośrednich metod oceny wartości wypiekowej mąki pszennej, takich jak zawartość białka czy jakość glutenu [Stępniewska, 2011]. Wodochłonność mąki określa się w farinografie. Przyjmuje się, że ok. 50% ilości wody dodawanej do mąki w procesie miesienia ciasta wiązane jest przez białko glutenowe, ok. 33% przez skrobię, a resztę stanowi woda wolna [Jurga, 2012]. Urządzenie to służy ponadto do badania zachowania się ciasta w czasie miesienia, poprzez rejestrację zmian konsystencji i elastyczności ciasta [Stępniewska, 2011; Jurga 2012].

W celu sprawdzenia wartości wypiekowej badanych mąk pszennych przeprowadzono analizę reologiczną ciasta w farinografie firmy Brabender i na jej podstawie nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy mąką pszenną, a mąką z pszenicy orkisz (Tab. 4), co świadczy o ich zbliżonych właściwościach wypiekowych. Przeprowadzając próbny wypiek z takich mąk należałoby jednak uwzględnić podczas fermentacji niską aktywność enzymatyczną mąki pszennej.

Tab. 4. Ocena farinograficzna badanych mąk

Badana cecha	Mąka pszenna typ 1850	Mąka orkiszowa razowa
Wodochłonność [%]	62,4 a ± 0,5	62,0 a ± 0,2
Czas rozwoju [min.]	19,6 a ± 0,4	19,6 a ± 0,6
Czas stałości [min.]	7,80 a ± 0,71	8,10 a ± 0,28
Rozmiękczenie [j.B.]	533 a ± 18	519 a ± 8
Czas do załamania [min.]	20 a ± 0	20 a ± 0
Odporność ciasta na miesienie	150 a ± 0	150 a ± 0

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się istotnie przy $p < 0,05$.

Wnioski

1. Badana pełnoziarnista mąka pszenna orkiszowa zawierała istotnie większą ilość białka, tłuszczu i składników mineralnych wyrażonych jako popiół, w porównaniu z pełnoziarnistą mąką z pszenicy zwyczajnej i mąką żytnią, przy najmniejszej zawartości błonnika pokarmowego.
2. Największą zawartością błonnika pokarmowego (w tym szczególnie frakcji rozpuszczalnej) odznaczała się pełnoziarnista mąka żytnia.
3. Największą aktywność enzymatyczną (wyrażoną najmniejszą liczbą opadania i lepkością kleików mącznych) odnotowano w mące żytniej, natomiast spośród badanych mąk pszennych, mniejszą aktywnością enzymatyczną charakteryzowała się pełnoziarnista mąka z pszenicy zwyczajnej.

4. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w ocenie wodochłonności i cech reologicznych ciasta sporządzonego z obu badanych pełnoziarnistych mąk pszennych (z pszenicy zwyczajnej i orkiszowej).

Projekt Nr PBS2/B8/12/2014 (FunCHLEB) współfinansowany z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych.

Literatura

- [1] AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, American Association of Cereal Chemists, 2000.
- [2] AOAC. 2006. Official methods of analysis, 18th edn. Gaithersburg Association of Official Analytical Chemists International.
- [3] Berski W., Gambuś H.: Reologiczna charakterystyka układów trójskładnikowych: resztkowa mąka owsiana–sacharoza–woda. *Acta Agrophysica*, 2014, 21(1), 5-15.
- [4] Cummings J.H., Stephen A.M.: Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2007. 61 Suppl. 1, s. S5-S18.
- [5] Dewettinck K., Van Bockstaele F., Kühne B., Van de Walle D., Courtens T.M., Gellynck X.: Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 2008, 48(2), 243-257.
- [6] Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M.: Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 2012, 16(2), 243-256.
- [7] Gąsiorowski H. (red.): *Żyto. Chemia i Technologia*. PWNiL, Poznań 1994.
- [8] Gąsiorowski H.: *Pszenica - chemia i technologia. Praca zbiorowa*. PWRiL, Poznań 2004.
- [9] ICC Standard No. 126/1. Method for using the Brabender Amylograph. 2001.
- [10] Jurga R., Wartość wypiekowa mąki pszennej. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2012, 5(60), 14-16.
- [11] Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K.: Porównanie właściwości reologicznych ciasta i jakości pieczywa otrzymanego z mąki orkiszowej i pszenicy zwyczajnej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2008, 15(4), 141-151.
- [12] Kunachowicz H., Paczkowska M.: Włókno pokarmowe (błonnik pokarmowy). W: *Normy żywienia człowieka - Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych*. Red. Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Wydanie I, Warszawa 2008, 7, s. 159-171.
- [13] Liu R.H.: Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*, 2007, 46(3), 207-219.

- [14] Matras J., Szot B.: Wstępna ocena właściwości fizycznych i składu chemicznego ziarna żyta *Secale montanum*. *Acta Agrophysica*, 2009, 13(3), 753-759.
- [15] PN ISO 2171:1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- [16] PN-A-74022:2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
- [17] PN-A-74032:2003. Przetwory zbożowe. Mąka żytnia.
- [18] PN-A-74039:1964. Przetwory zbożowe. Oznaczanie tłuszczu.
- [19] PN-EN ISO 3093:2007. Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina. Oznaczanie liczby opadania metodą Hagberga-Pertena.
- [20] PN-ISO 5530-1:1999. Mąka pszenna. Fizyczne właściwości ciasta. Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu.
- [21] PN-ISO 7305:2001. Przetwory zbożowe. Oznaczanie kwasowości tłuszczowej.
- [22] PN-ISO-7973: 2001. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie lepkości mąki z zastosowaniem amylografu.
- [23] Rakha A., Åman P., Andersson R.: Characterisation of dietary fibre components in rye products. *Food Chemistry*, 2010, 119(3), 859-867.
- [24] Slavin J.L., Jacobs D., Marquart L., Wiemer K.: The role of whole grains in disease prevention. *Journal of the American Dietetic Association*, 2001, 101(7), 780-785.
- [25] Slavin J.L.: Dietary fiber and body weight. *Nutrition*, 2005, 21(3), 411-418.
- [26] Sobota A., Dobosz M.: Jakość dostępnych na rynku makaronów pełnoziarnistych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 6(73), 83-99.
- [27] Stępniewska S.: Korelacje między wskaźnikami farinograficznymi i konsystograficznymi mąki pszennej. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2011, 11(55), 11-12.
- [28] Szarańska A.: Zmiany kwasowości tłuszczowej w trakcie przechowywania mąki pszennej i żytniej. *Prace Instytutów i Laboratoriów Badawczych Przemysłu Spożywczego* 01/2009; 64:121-136.
- [29] Warrand J.: Healthy polysaccharides. *Food Technology and Biotechnology*, 2006, 44(3), 355-370.
- [30] Zawadzki K.: Rynek produktów z całego ziarna rozwija się. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2009, 7(53), 28.

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNO-REOLOGICZNE MODELOWYCH UKŁADÓW TŁUSZCZOWYCH

HALINA MAKALA, RYSZARD REZLER

Streszczenie

Celem pracy była charakterystyka właściwości mechaniczno-reologicznych modelowych układów tłuszczowych uzyskanych z wieprzowego tłuszczu drobnego, oleju lnianego i preparatów błonnika. Oceniane układy tłuszczowe charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami mechaniczno-reologicznymi, skutkującymi utworzeniem w modelowych układach struktury o cechach ciała plastycznego i lepko-plastycznego. Olej roślinny, istotnie zmodyfikował właściwości reologiczne ocenianego układu, powodując istotny wzrost właściwości sprężystych, wartości modułu sprężystości G' , jak i mniejszą zdolność do dyssypacji energii mechanicznej tg kąta strat (δ) w stosunku wariantu zawierającego tylko tłuszcz zwierzęcy. Właściwości reologiczne układów tłuszczowych zawierających preparaty błonnika pszennego i lnianego, pszennego o różnej długości włókna oraz inuliny, w obecności tłuszczu drobnego i oleju uległy osłabieniu w odniesieniu do wariantu zawierającego tylko olej roślinny. Wynikało to z utworzenia słabszej i mniej stabilnej struktury, o innych cechach. Wprowadzenie do modelowego układu tłuszczowego psyllium husk spowodowało najbardziej znaczące zmiany wszystkich badanych parametrów reologicznych, statystycznie istotnie różniąc się ($P \leq 0,05$) od układu kontrolnego, jak i zawierających dodatek poddanych ocenie preparatów błonnika.

Słowa kluczowe: właściwości reologiczne, układ tłuszczowy, tłuszcz wieprzowy, olej, błonnik

Wprowadzenie

Tkanka tłuszczowa, której podstawowym składnikiem są lipidy jest jedną z postaci tkanki łącznej włóknistej luźnej, a głównym jej składnikiem jest tłuszcz, stanowiący kilkadziesiąt procent jej masy. W tkance tłuszczowej występują również białka tkanki łącznej (0,5-7,0%), enzymy, witaminy, substancje mineralne [Pezacki, 1984]. Skład surowców tłuszczowych pochodzących z różnych części zasadniczych tuszy wieprzowej jest zróżnicowany i zależy od stopnia utuczenia zwierzęcia oraz części anatomicznej, z której pochodzi [Krasnowska i Salejda, 2008; Krupska i Olkiewicz 2012].

Tkanka tłuszczowa, z fizycznego punktu widzenia, stanowi układ wielofazowy [Wood i in., 2004]. Podczas obróbki mechanicznej w poddawanyemu

procesowi surowcu zachodzą istotne zmiany. Tworzy się układ dyspersyjny złożony z dwóch faz, tj. hydrokoloidalnej fazy ciągłej (w skład, której wchodzi emulsja utworzona z tłuszczu i białek rozpuszczalnych w wodzie lub roztworach soli) oraz z fazy rozproszonej, którą stanowią nierozpuszczalne elementy tkanki tłuszczowej. Tym samym uzyskany układ można traktować jak emulsje typu woda w oleju [Leal-Calderon i in., 2007].

Uzyskanie stabilnej emulsji zależy od zawartości wody, tłuszczu, soli, dodatków funkcjonalnych oraz czynników mechanicznych i termicznych. Na jakość końcową wyrobu finalnego w istotny sposób mogą mieć wpływ zarówno parametry technologiczne (woda wolna, proporcje tłuszczu do białka i wody do białka oraz parametry procesu kutrowania), jak i właściwości fizyczne, szczególnie reologiczne emulsji (lepkość, sprężystość) [Pietrasik i Shand, 2003; Morales-Irigoyen i in., 2012]. Z dokonanego przeglądu literatury wynika, że niewiele jest prac poświęconych zagadnieniom właściwości fizycznych emulsji tworzonych na bazie tłuszczu zwierzęcego [Wood i in., 2008; Morales-Irigoyen i in., 2012; Rezler i Baranowska, 2013].

Celem pracy była charakterystyka modelowych układów tłuszczowych uzyskanych z wieprzowego tłuszczu drobnego oraz oleju lnianego i wybranych preparatów błonnika w aspekcie ich właściwości mechaniczno-reologicznych.

Materiał i metody badań

Materiał badany stanowiły modelowe układy tłuszczowe przygotowane z wieprzowego tłuszczu drobnego (90%) i wody (10%). W wariantach badanych wprowadzono ponadto olej lniany (wariant w2) oraz olej lniany i preparaty błonnika - odpowiednio błonnik pszenny WF 1000 (Vitacel, Rettenmaier, Polska) i błonnik lniany (IWN, Polska) (wariant w3), błonnik pszenny WF 1000 i WF 400 (Vitacel, Rettenmaier, Polska) (wariant w4), inulina (Frutafit HD, Sensus, Polska) (wariant w5) oraz psyllium husk (Vitacel, Rettenmaier, Polska) (wariant w6). Układ odniesienia, wariant w1, zawierał w składzie tłuszcz drobny, wodę, kazeinian sodu, sól.

Surowiec tłuszczowy rozdrabniano na wilku, kutrowano, dodając wodę lodową, olej, uwodnione (1:4) odpowiednie w wariantach preparaty błonnika, kazeinian sodu i sól. Uzyskane układy umieszczano w puszkach, poddawano obróbce termicznej, do uzyskania w centrum geometrycznym temperatury 72°C. Po zakończeniu procesu, próbki chłodzono, a następnie przechowywano w warunkach chłodniczych w temp. 2-4°C.

W badanych próbkach oznaczano zawartość: wody metodą suszenia wg PN ISO 1442:2000, białka ogólnego metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Kjeltac Analizer 1026 wg PN-75/A-04018, tłuszczu metodą Soxhlet'a przy użyciu aparatu 2055 Soxtec Manual Extraction Unit wg PN ISO 1444:2000, chlorku sodu wg PN ISO 1841-1:2002. Parametry reologiczne opisujące sprężystość modelowego układu wyznaczano metodą DMA, przy częstotliwości 2,1 Hz, stosując analizator

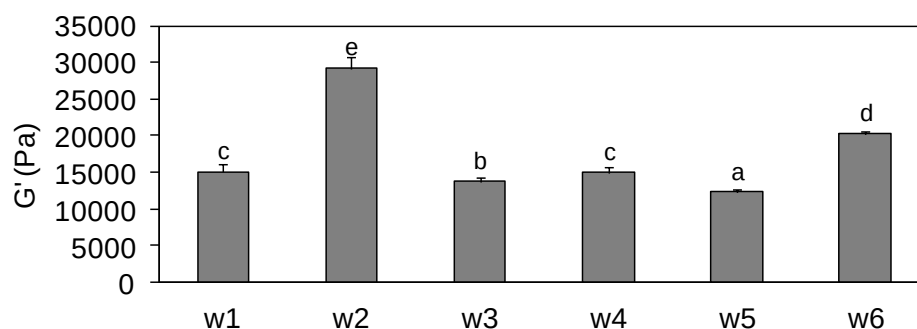
reologiczny DMWT, COBRABID (COBRABID, Polska, 2012). Wyznaczano wartości modułu sprężystości G' , modułu stratności G'' , tangensa kąta strat $tg\delta$ oraz współczynnika lepkości dynamicznej η . Badania były przeprowadzone na układzie pomiarowym płytka-stożek. Pomiar wartości parametrów mechaniczno-reologicznych określano w temperaturze 22°C [Rezler i Baranowska, 2013].

Doświadczenie wykonano w dwóch powtórzeniach, zaś oceniane wyróżniki stanowiły średnią z co najmniej dwóch powtórzeń, dla oznaczenia składu podstawowego. Wartości parametrów mechaniczno-reologicznych stanowiły średnie, uzyskane z dwóch powtórzeń, po dziesięć pomiarów w każdym powtórzeniu. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji na poziomie istotności $P \leq 0,05$, przy pomocy programu Statistica 6.0 PL.

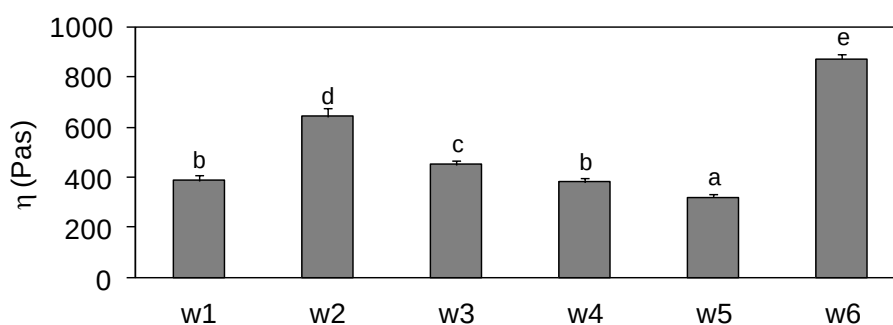
Wyniki i dyskusja

W wariancie kontrolnym (w1) oraz zawierającym dodatek oleju lnianego (w2) średnia zawartość wody wynosiła odpowiednio 30,2% i 30,3%, białka 5,6% i 4,8%, tłuszczu 61,3% i 61,9%, chlorku sodu 1,6% dla obu wariantów. Występująca zmienność, szczególnie w zawartości białka i tłuszczu w badanych próbkach była wynikiem zmienności biologicznej użytego surowca. W wariantach, od w3 do w6, w których wprowadzono olej i uwodnione preparaty błonnika, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w składzie chemicznym modelowych układów tłuszczowych. Zawartość wody wynosiła od 33,4% do 33,6%, białka od 4,8% do 5,4%, tłuszczu od 58,5 % do 58,9%, chlorku sodu od 1,6% do 1,7%.

O właściwościach mechaniczno-reologicznych układów biologicznych decyduje stan fizyczny i udział fazy ciągłej. Na Rys.1. przedstawiono względne wartości lepkości dynamicznej η , Rys.2. - moduł sprężystości G' , Rys. 3. - moduł strat, zaś na Rys. 4. - tangens kąta strat w modelowych układach tłuszczowych, zawierających tłuszcz drobny (wariant w1, tłuszcz drobny i olej roślinny (wariant w2) oraz dodatek preparatów błonnika lub ich mieszanek o różnych właściwościach funkcjonalnych (warianty odpowiednio od w3 do w6). Moduł sprężystości G' związany jest z tą częścią potencjalnej energii odkształceń, która jest zachowywana w trakcie periodycznych deformacji, moduł strat G'' jest związany z częścią energii ulegającej dyssypacji w postaci ciepła, zaś tangens kąta strat – $tg\delta$, opisuje miarę tarcia wewnętrznego i określa względną ilość energii rozpraszanej w materiale do energii akumulowanej w ciągu jednego cyklu odkształceń [Rezler i Baranowska, 2013].



Rys. 1. Lepkość dynamiczna modelowych układów tłuszczowych

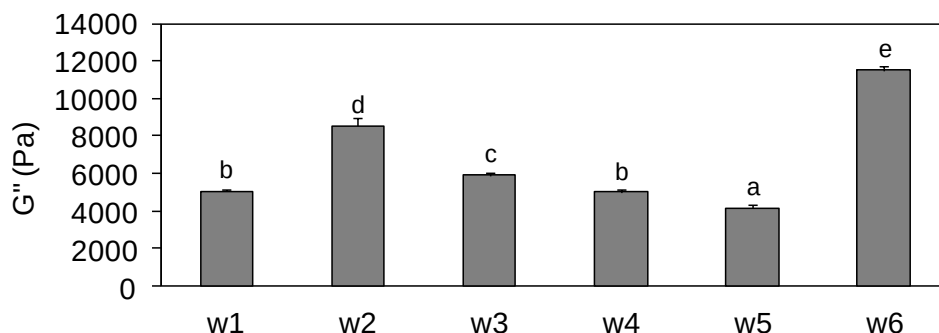


Rys. 2. Moduł sprężystości modelowych układów tłuszczowych

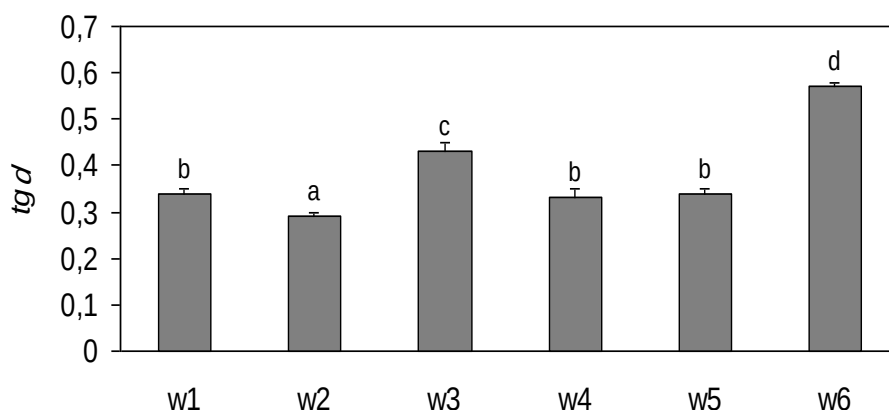
Modelowy układ tłuszczowy zawierający dodatek oleju roślinnego (wariant w2) charakteryzował się wzrostem lepkości, modułu sprężystości oraz modułu strat, zaś spadkiem tangensa kąta strat, w odniesieniu do wariantu kontrolnego, zawierającego tylko tłuszcz drobnny. Oleje roślinne łatwiej dyspergują i są znacznie szybciej emulgowane w przeciwieństwie do tłuszczów zwierzęcych. Prowadzi to do utworzenia bardziej skoncentrowanej i zwięzłej fazy ciągłej emulsji. W rezultacie modelowy układ w2, charakteryzował się statystycznie istotnym wzrostem właściwości sprężystych w stosunku wariantu zawierającego tylko tłuszcz zwierzęcy. Przejawem tego były zarówno większe wartości modułu sprężystości G' , jak i mniejsza zdolność do dyssypacji energii mechanicznej $tg\delta$ w porównaniu do próbki kontrolnej.

Dodatek preparatów błonnika o odmiennej strukturze, właściwościach sorpcyjnych i funkcjonalnych istotnie różnicował badane układy i ukształtował parametry reologiczne opisujące sprężystość modelowego układu [Makala i Ocieczek, 2008]. Wprowadzenie do modelowego układu tłuszczowego oleju roślinnego oraz preparatów błonnika pszennego i lnianego (w3) znalazło wyraz w statystycznie istotnym wzroście lepkości, wartości modułu strat oraz tangensa

kąta strat w odniesieniu do wariantu kontrolnego. Modyfikacja składu modelowego układu tłuszczowego prowadzi do utworzenia struktury o cechach ciała lepko-plastycznego.



Rys. 3. Moduł strat modelowych układów tłuszczowych



Rys. 4. Tangens kąta strat modelowych układów tłuszczowych

Dodatek do modelowego układu tłuszczowego oleju i preparatów błonnika pszennego o różnej długości włókna, WF1000 i WF400, (w4) nie spowodował statystycznie istotnych zmian wartości parametrów reologicznych w porównaniu do wariantu kontrolnego. Badane preparaty, utworzyły zwartą strukturę, porównywalną do układu wytworzonego przy udziale tylko tłuszczu drobnego. Dowodzi to korzystnej roli tych preparatów w tworzeniu stabilnej i trwałej struktury w modelowym układzie tłuszczowym.

Inulina, stosowana często jako zamiennik tłuszczu, w modelowym układzie tłuszczowym (w5) spowodowała w obecności oleju lnianego istotne obniżenie lepkości dynamicznej, modułu sprężystości oraz modułu strat w odniesieniu

do wariantu kontrolnego. Tangens kąta strat pozostał w badanym układzie na tym samym poziomie co w próbie kontrolnej. Użycie inuliny w składzie modelowego układu prowadzi do utworzenia struktury o cechach ciała plastycznego. Podobne obserwacje stwierdzono podczas wprowadzenia inuliny do drobno rozdrobnionych farszów mięsnych w miejsce tłuszczu, powodując osłabienie związania bloku produktu [Makała, 2002a; Makała, 2002b; Makała, 2003; Florowski i in., 2010].

Psyllium husk to preparat wykazujący duże właściwości sorpcyjne prowadzące do silnego pęcznienia, co skutkuje powstaniem gąbczastej struktury wykazującej właściwości plastyczne. Zastosowanie tego preparatu w istotny sposób zmodyfikowało strukturę modelowego układu tłuszczowego. Znalazło to odzwierciedlenie w najwyższych wartościach takich parametrów reologicznych jak lepkość dynamiczna, moduł strat i tangens kąta strat, statystycznie istotnie różniąc oceniany układ zarówno od kontrolnego jak i zawierających dodatek oleju i preparatów błonnika. Wartości modułu sprężystości były istotnie niższe od wariantu w2, zawierającego tylko dodatek oleju lnianego, zaś najwyższe dla układów z dodatkiem preparatów błonnika.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

1. Oceniane modelowe układy tłuszczowe uzyskane z wieprzowego tłuszczu drobnego oraz oleju lnianego i wybranych preparatów błonnika charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami mechaniczno-reologicznymi, skutkującymi utworzeniem struktury o cechach ciała plastycznego i lepko-plastycznego.
2. Wprowadzenie do modelowego układu tłuszczowego oleju roślinnego istotnie zmodyfikowało właściwości reologiczne ocenianego układu, powodując istotny wzrost właściwości sprężystych, wartości modułu sprężystości G' , jak i mniejszą zdolność do dyssypacji energii mechanicznej tg kąta strat w stosunku do wariantu zawierającego tylko tłuszcz zwierzęcy.
3. Właściwości reologiczne układów tłuszczowych zawierających preparaty błonnika pszennego i lnianego, błonnika pszennego o różnej długości włókna oraz inuliny, w obecności tłuszczu drobnego i oleju uległy osłabieniu w odniesieniu do wariantu zawierającego tylko olej roślinny, co mogło być spowodowane utworzeniem układu o odmiennej strukturze.
4. Dodatek do modelowego układu tłuszczowego psyllium husk spowodowało najbardziej znaczące zmiany, odzwierciedlające się w najwyższych wartościach wszystkich badanych parametrów reologicznych, statystycznie istotnie różniąc się od układu kontrolnego, jak i zawierających oceniane preparaty błonnika.

Literatura

- [1] Florowski T., Adamczak L., Fuertes Hernández I., Belen Moreno Franco M., Tyburcy A.: Ocena wpływu stopnia substytucji tłuszczu inuliną na wybrane wyróżniki jakości modelowych kielbas. *Nauka Przyroda Technologia*, 2010, 4, 5(57), 1-9.
- [2] Krasnowska G., Salejda A.: Wybrane cechy jakościowe tłuszczu pochodzącego z tusz tuczników różnych grup genetycznych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 2(57), 95-105.
- [3] Krupska A., Olkiewicz M.: Wpływ lokalizacji tłuszczu w tuszy wieprzowej na jego właściwości fizykochemiczne. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*, 2012, 1(67), 43-52.
- [4] Leal-Calderon F., Thivilliers F., Schmitt V.: Structured emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 2007, 12(4-5), 206-212.
- [5] Makała H.: Effect of fat substitutes on physico-chemical characteristics and rheological properties of meat product. *Acta Agrophysica* 2002a, 77, 61-73.
- [6] Makała H.: Wpływ preparatów błonnikowych na jakość sensoryczną modelowych pasztetów. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*, 2002b, 39, 159-169.
- [7] Makała H.: Zastosowanie inuliny jako zamiennika tłuszczu w przetworach mięsnych. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*, 2003, 40, 125-133.
- [8] Makała H., Ociecek A.: Characteristics of sorption properties of the selected wheat cellulose preparations. *Acta Agrophysica PAN*, 2008, 3(12), 747-766.
- [9] Morales-Irigoyen E. E., Severiano-Pérez P., Rodriguez-Huezo M.E., Totosa A.: Textural, physicochemical and sensory properties compensation of fat replacing in pork liver pâté incorporating emulsified canola oil. *Food Science and Technology International*, 2012, 18(4), 413-21.
- [10] Pezacki W.: *Przetwarzanie jadalnych surowców rzeźnianych*, PWN, 1984, 173-176.
- [11] Pietrasik, Z., Shand, P. J.: The effect of quantity and timing of brine addition on water binding and textural characteristics of cooked beef rolls. *Meat Science*, 2003, 65(2), 771-778.
- [12] PN ISO 1442:2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody.
- [13] PN ISO 1444:2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- [14] PN ISO 1841-1:2002 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości chlorków.
- [15] PN-75/ A-04018 Produkty rolno-spożywcze. Oznaczanie zawartości azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [16] Rezler R., Baranowska H.M.: Właściwości reologiczne i zdolność wiązania wody przez stabilizowane skrobią ziemniaczaną emulsje typu tłuszcz w wodzie *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 1(86), 81-91.

- [17] Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E.: Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 2004, 66(1), 21-32.
- [18] Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Huges S.I., Whittington F.M.: Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 2008, 78, 343-358.

**WPŁYW DODATKU EMULGATORA I BŁONNIKA
POKARMOWEGO NA WYBRANE PARAMETRY JAKOŚCIOWE
SMAŻONEGO MAKARONU INSTANT**

KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK, ANNA ŻBIKOWSKA,
MAŁGORZATA KOWALSKA, EDYTA MOSÓR, AGNIESZKA
PERCZYŃSKA

Streszczenie

Celem pracy była analiza wpływu dodatków emulgatora (ester sacharozy i kwasów tłuszczowych) (Sisterna SP70 – Barentz Polska, Polska) i błonnika pokarmowego (*Psyllium*,) (JRS - J.Rettenmaier & Söhne GmbH+Co. KG, Niemcy) na parametry jakościowe makaronów typu instant.

Zakres pracy obejmował wytwarzanie makaronów instant, w którym smażenie przeprowadzono w trzech temperaturach w oleju rzepakowym i słonecznikowym. Wykonano pięć wariantów produktu: wyrób wzorcowy - makaron instant nie zawierający dodatków; 2 warianty odpowiednio z 0,1% i 0,2% dodatkiem emulgatora oraz 2 warianty odpowiednio z 0,2% dodatkiem emulgatora i 3% błonnika pokarmowego oraz 0,2% emulgatora i 5% dodatkiem błonnika pokarmowego. W gotowym produkcie wykonano następujące oznaczenia fizykochemiczne: oznaczenie wilgotności, oznaczenie zawartości tłuszczu, oznaczenie czasu rehydratacji, analizę tekstury oraz oznaczenie barwy.

Zawartość tłuszczu w przypadku wszystkich wariantów makaronów instant smażonych w oleju rzepakowym oraz słonecznikowym rośnie wraz ze wzrostem temperatury smażenia. Dodatek 0,1% emulgatora; 0,2% emulgatora; 0,2% emulgatora i 3% błonnika pokarmowego oraz 0,2% emulgatora i 5% błonnika pokarmowego wpływa na obniżenie zawartości tłuszczu w makaronie. W makaronach instant smażonych w oleju rzepakowym z dodatkiem 0,2% emulgatora i błonnika pokarmowego w ilości 3% i 5% stwierdzono także wyższą wilgotność w porównaniu z odpowiednimi makaronami smażonymi w oleju słonecznikowym. Czas rehydratacji makaronów instant z dodatkiem 0,2% emulgatora i błonnika pokarmowego (3% i 5%) smażonych w dwóch olejach zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury smażenia. Makarony instant z dodatkiem emulgatora w ilości 0,1% i 0,2%, smażone w oleju rzepakowym mają dłuższy czas rehydratacji niż makarony bez dodatków. Wraz ze wzrostem temperatury smażenia rośnie twardość makaronu. W makaronach instant z dodatkiem emulgatora w ilości 0,1% i 0,2% smażonych w oleju rzepakowym stwierdzono wyższą twardość w porównaniu z próbką bez dodatków. Poziom jasności (L^*) makaronu instant zależy od temperatury smażenia oraz rodzaju

medium smaźalniczego. Makarony instant bez dodatków, smażone w dwóch olejach, wykazały podobny stopień jasności. Poziom nasycenia barwy zielonej i czerwonej zależy od temperatury smażenia. Zielona przeważa w makaronach smażonych w temperaturze 150°C. Wraz ze wzrostem temperatury rośnie poziom nasycenia barwy czerwonej.

Słowa kluczowe: makaron instant, emulgator, błonnik pokarmowy

Wprowadzenie

Dzięki łatwości przygotowania, konkurencyjnej cenie oraz długiemu okresowi przydatności do spożycia makaron instant zyskał dużą popularność. Jednak makaron instant odznacza się niską wartością odżywczą, gdyż najczęściej wytwarzany jest na bazie mąki z pszenic zwyczajnych o niewielkiej zawartości białka. Zastosowanie obróbki termicznej dodatkowo obniża jego wartość odżywczą [Wójtowicz, 2010]. W procesie smażenia produkty nabierają charakterystycznych cech sensorycznych, pożądanych przez konsumentów, niemniej jednak proces ten prowadzi do zwiększenia kaloryczności żywności. Makaron instant poddawany procesowi smażenia może zawierać blisko 20 – 30% tłuszczu użytego do smażenia [Wójtowicz i Mościcki, 2006]. Wysoka zawartość tłuszczu w makaronie instant nie tylko niekorzystnie wpływa na wartość zdrowotną wyrobu, ale podwyższa także koszty produkcji, oraz w znaczący sposób ogranicza trwałość produktu, ze względu na zmiany tłuszczów zachodzące podczas przechowywania [Mellema, 2003; Kowalczyk i Gustaw, 2009]. Dlatego tak ważny jest rodzaj stosowanego medium smaźalniczego [Marciniak-Łukasiak i Żbikowska, 2013].

Makaron instant produkowany na bazie semoliny, w porównaniu do makaronu z mąki pszennej jasnej, zawiera więcej białka, dzięki czemu ciasto makaronowe ulega równomiernemu pęcznieniu, jest dobrze związane i sprężyste [Jurga, 1995; Czerwińska, 2010]. Pęcherze powstające podczas odparowywania wody z ciasta są mniejsze i nieliczne, co przyczynia się do zmniejszonej absorpcji tłuszczu podczas smażenia [Mellema, 2003]. Do zmniejszonej absorpcji tłuszczu w smażonym makaronie instant przyczynić się może wzbogacenie receptury podstawowej w różnego rodzaju dodatki. Wiele prac badawczych wykorzystuje dodatek skrobi ziemniaczanej lub kukurydzianej, jako substancji mających obniżyć absorpcję tłuszczu podczas smażenia makaronów instant [Wu i in., 2006; Huang i Lai, 2010; Choy i in., 2012]. W innych badaniach stosowano alginiany, gumę guar, mączkę chleba świętojańskiego oraz pochodne celulozowe, jako związki pozwalające zmniejszyć wchłanianie oleju w smażonym makaronie instant, a także przyspieszające tempo rehydratacji makaronu [Hou, 2001; Yu i Ngadi, 2004; Choy i in. 2012]. Podejmowane są również próby ograniczenia zawartości tłuszczu w smażonych makaronach instant poprzez dodatek błonnika pokarmowego [Rękas i Marciniak-Łukasiak, 2015] lub emulgatorów [Ding i Yang, 2013].

Materiał i metody badań

Surowce wykorzystane w produkcji makaronu instant stanowiły:

- semolina (200 g), (Bogutyn Młyn, Radzyń Podlaski, Polska)
- woda (33% w stosunku do masy mąki),
- sól (4 g), (kopalnia soli "KŁODAWA" S.A., Kłodawa, Polska).

Jako medium smaźnicze zastosowano olej rzepakowy i słonecznikowy (ZT Kruszwica S.A., Kruszwica, Polska).

Jako dodatki zastosowano:

- emulgator (Sisterna SP70 – Barentz Polska, Polska), 0,1 i 0,2% w stosunku do masy mąki,
- Psyllium (JRS - J.Rettenmaier & Söhne GmbH+Co. KG, Niemcy) 3 i 5% w stosunku do masy mąki.

Proces otrzymania makaronów instant obejmował kolejno następujące etapy: naważenie surowców, łączenie roztworu (woda + sól) ze składnikami sypkimi (mąka lub mąka + emulgator lub mąka + emulgator + błonnik pokarmowy), zagniatanie ciasta do uzyskania jednolitej struktury, walcowanie, cięcie pasm makaronowych na nitki (maszynka Ampia 150, Marcato, Włochy), parowanie makaronu oraz smażenie uparowanych porcji makaronu we frytkownicy Philips, (Philips, Polska) (temperatura smażenia 150°C, 160°C, 170°C przez 90 sekund (medium grzejne: olej rzepakowy i słonecznikowy)).

Oznaczenie zawartości wody

Oznaczenie wilgotności wykonano zgodnie z 44-15A [AACC, 1995]. Pomiar dla każdej próby wykonano w trzech powtórzeniach, jako wynik przyjmując średnią arytmetyczną z uzyskanych pomiarów.

Oznaczenie zawartości tłuszczu

Oznaczenie wykonano metodą Soxhleta według PN-73/A-82111 za pomocą aparatu typu Soxtec 2050 (FOSS, Dania). Pomiar dla każdej próby wykonano w trzech powtórzeniach, jako wynik przyjmując średnią arytmetyczną z uzyskanych pomiarów.

Oznaczenie barwy

Barwę mierzono za pomocą fotokolorymetru Minolta CR-310 (Konica Minolta Polska), stosując system L*a*b. Umożliwia on zbadanie jasności, jak i barwy badanych próbek, dzięki trzem zmiennym [Biller i Wierzbicka, 2003; Park i Baik, 2004]. Pomiar dla każdej próby wykonano w trzech powtórzeniach, jako wynik przyjmując średnią arytmetyczną z uzyskanych pomiarów.

Oznaczenie czasu hydratacji makaronów instant

Oznaczenie wykonano organoleptycznie badając twardość makaronu po zalaniu go wrzątkiem. Badanie powtarzano co 1 min. Wynik oznaczenia podano w [min] po uzyskaniu przez makaron pożądanego stopnia uwodnienia. Pomiar dla każdej próby wykonano w trzech powtórzeniach, jako wynik przyjmując średnią arytmetyczną z uzyskanych pomiarów.

Oznaczenie tekstury - pomiar maksymalnej siły cięcia

Pomiaru maksymalnej siły cięcia, określającej twardość makaronu instant, dokonano za pomocą testu ciecicia, przeprowadzonego na aparacie TA-XT2i Texture Analyser [Stable Micro Systems, 1997]. Test ciecicia makaronów przeprowadzono przy zastosowaniu następujących parametrów: odległość między uchwytami – 4,0 mm, siła wstępna – 0,98 N, prędkość – 0,15 mm·sek⁻¹, z zastosowaniem głowicy Fnom – 0,05 N [Wójtowicz, 2006].

Pomiar dla każdej próby wykonano w pięciu powtórzeniach, jako wynik przyjmując średnią arytmetyczną z uzyskanych pomiarów.

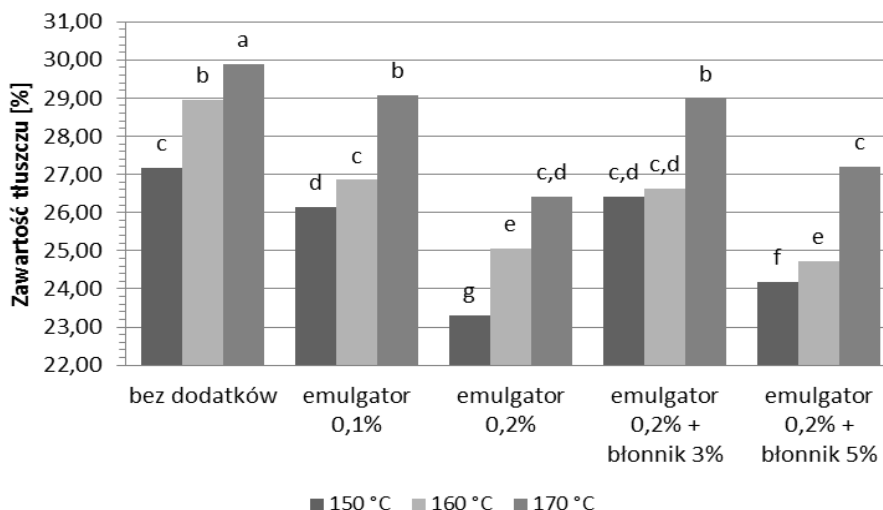
Analiza statystyczna

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy pomocy programu Statgraphics Plus 5.1. Do oceny istotności statystycznej różnic pomiędzy wartościami wilgotności, zawartości tłuszczu, barwy i maksymalnej siły cięcia zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Wyniki zinterpretowano za pomocą testu Tukey'a, przy przyjętym poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Zawartość tłuszczu

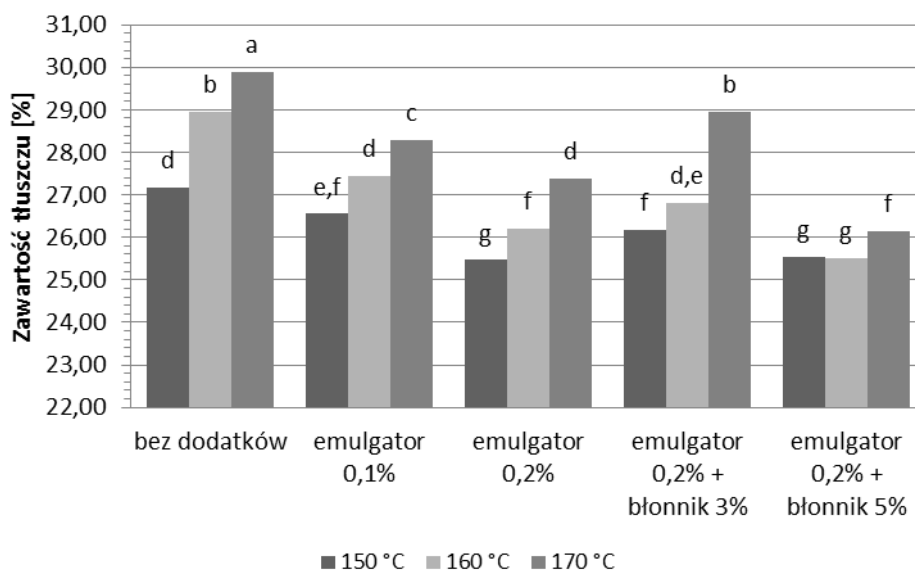
Zawartość tłuszczu w gotowym produkcie jest ważnym wyróżnikiem jakości. Zwiększona zawartość tłuszczu podnosi koszt produkcji oraz zmniejsza okres przydatności produktu do spożycia, ze względu na zachodzące procesy autooksydacji.



Rys. 1. Zawartość tłuszczu (% s. m.) w makaronie instant smażonym w oleju rzepakowym. Wartości średnie o tym samym indeksie różnią się istotnie statystycznie dla $p \leq 0,05$.

Zawartość tłuszczu w makaronie instant bez dodatków, smażonym w oleju rzepakowym, mieści się w przedziale od 27,17 – 29,89%. Zawartość tłuszczu w makaronie instant zawierającym 0,1% dodatek emulgatora mieści się w granicach od 26,16 – 29,07%, natomiast w przypadku makaronu instant z 0,2% dodatkiem emulgatora zawiera się w przedziale 23,31 – 26,41% (Rys. 1). Zawartość tłuszczu w makaronie instant smażonym w oleju rzepakowym z dodatkiem 0,2% emulgatora i 3% błonnika pokarmowego mieści się w zakresie 26,41 – 29,00%, a w makaronie instant z dodatkiem 0,2% emulgatora i błonnika pokarmowego w ilości 5% - 24,19 – 27,20%. Makarony instant, zawierające dodatek emulgatora oraz emulgatora i błonnika pokarmowego, smażone w temperaturze 150°C, 160°C i 170°C mają niższą zawartość tłuszczu w porównaniu do makaronu instant bez dodatków.

Zawartość tłuszczu w makaronie instant bez dodatków, smażonym w oleju słonecznikowym, zawiera się w przedziale od 27,17-29,89% (Rys. 2). Podobnie jak w przypadku makaronu instant smażonego w oleju rzepakowym, makaron instant bez dodatkowych składników smażony w oleju słonecznikowym w temperaturze 150°C zawiera najniższą zawartość tłuszczu (27,17%), a najwyższą smażony w temperaturze 170°C (29,89%). Dodatek emulgatora oraz emulgatora i błonnika pokarmowego spowodował obniżenie zawartości tłuszczu (Rys. 2).



Rys. 2. Zawartości tłuszczu (% s. m.) w makaronie instant smażonym w oleju słonecznikowym. Wartości średnie o tym samym indeksie różnią się istotnie statystycznie dla $p \leq 0,05$.

Porównując poziom tłuszczu w makaronie instant smażonym w oleju rzepakowym i słonecznikowym (Rys. 1 i 2) zaobserwowano mniejszą zawartość

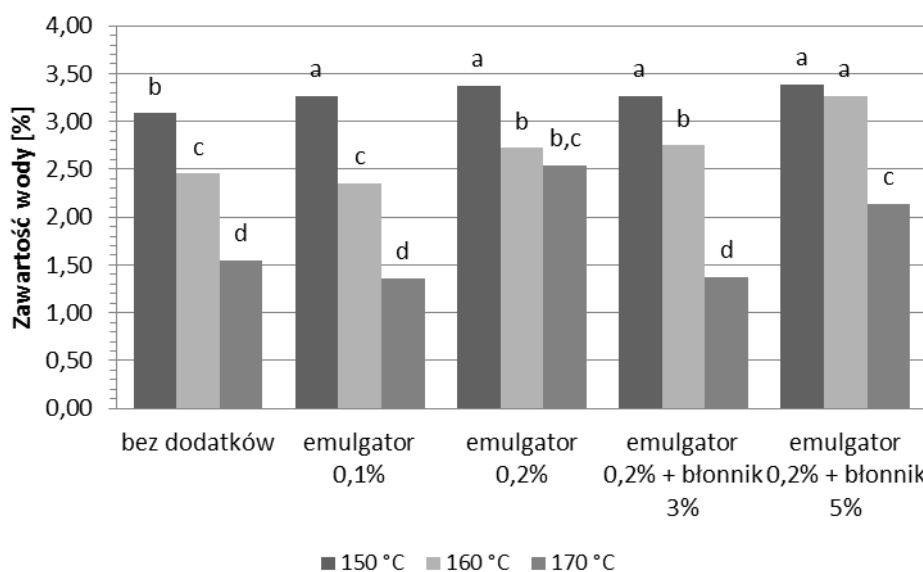
tłuszczu we wszystkich wariantach makaronów instant z emulgatorem smażonych w oleju rzepakowym.

Poziom tłuszczu w makaronie instant otrzymanym w warunkach laboratoryjnych nie przekracza 30% co jest zgodne z badaniami Galińskiego i in. [2003], według których zawartość tłuszczu w smażonym makaronie instant może wynosić 20 - 30%.

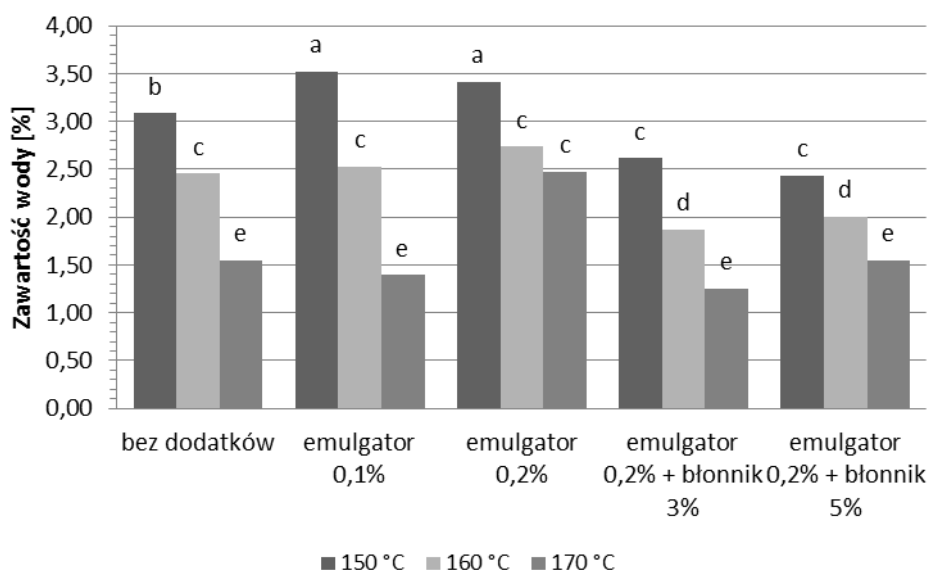
Analizując uzyskane wyniki zawartości tłuszczu w makaronie instant smażonym w dwóch olejach stwierdzono, że podwyższenie temperatury smażenia powoduje zwiększenie zawartości tłuszczu w produkcie. Podobną zależność uzyskali Marciniak-Łukasiak i Cisek [2011].

Zawartość wody

Analizując wyniki pomiaru zawartości wody w makaronie instant bez dodatków, stwierdzono, że zawartość wody mieści się w przedziale od 1,55 - 3,09%. Makarony instant zawierające jako dodatek tylko emulgator charakteryzują się wyższą zawartością wody w odniesieniu do makaronu instant bez dodatków.



Rys. 3. Zawartość wody w makaronie instant smażonym w oleju rzepakowym. Wartości średnie o tym samym indeksie różnią się istotnie statystycznie dla $p \leq 0,05$.



Rys. 4. Zawartość wody w makaronie instant smażonym w oleju słonecznikowym. Wartości średnie o tym samym indeksie różnią się istotnie statystycznie dla $p \leq 0,05$.

Analizując zawartość wody w makaronie instant smażonym w dwóch rodzajach oleju stwierdzono porównywalną lub wyższą zawartość wody w makaronie smażonym w oleju słonecznikowym (Rys. 3 i 4). W makaronie instant z dodatkiem emulgatora i błonnika pokarmowego zaobserwowano wyższą zawartość wody dla próbek smażonych w oleju rzepakowym.

Według Kubomura [1998] zawartość wody w smażonym makaronie instant nie powinna przekraczać 5% natomiast Sobota i Łuczak [2010] podają zakres zawartości wody dla makaronów instant od 2,73% do 9,44%.

W przypadku produktów smażonych poziom zawartości wody jest w dużej mierze związany z zawartością tłuszczu. Zależność ta związana jest z tym, że parująca woda pozostawia luki do których wnika olej. Produkty o niskiej wilgotności powinny charakteryzować się wyższą zawartością tłuszczu. Całkowita ilość tłuszczu jest porównywalna do całkowitej utraty wody (bilans mas) [Mellema, 2003].

Czas rehydratacji

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że czas rehydratacji makaronu instant bez dodatków smażonego w oleju rzepakowym wynosi od 3 do 5 minut (Tab. 1).

Zastosowane dodatki do makaronu instant (emulgator oraz emulgator i błonnik pokarmowy) wpływają na wydłużenie czasu rehydratacji (Tab. 1).

Tab. 1. Czas rehydratacji makaronu instant

Próby makaronów	Czas [minuty]	Olej słonecznikowy			Olej rzepakowy		
		150°C	160°C	170°C	150°C	160°C	170°C
bez dodatków	1	-	-	-	-	-	-
	2	-/+	-	-	-/+	-	-
	3	+	-/+	-/+	+	-/+	-/+
	4	++	+	+	++	+	+
	5	++	++	++	++	++	++
emulgator 0,1%	1	-	-	-	-	-	-
	2	-/+	-/+	-	-	-/+	-/+
	3	+	+	-/+	-/+	+	+
	4	++	++	+	+	++	++
	5	++	++	++	++	++	++
emulgator 0,2%	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-/+	-/+	-	-	-
	3	-/+	+	+	-	-	-/+
	4	+	++	++	-/+	-/+	+
	5	++	++	++	+	+	++
emulgator 0,2% + błonnik 3%	1	-	-	-	-	-	-/+
	2	-	-/+	-/+	-	-/+	+
	3	-/+	+	+	-/+	+	++
	4	+	++	++	+	++	++
	5	++	++	++	++	++	++
emulgator 0,2% + błonnik 5%	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-/+	-/+	-	-/+	-/+
	3	-/+	+	+	-/+	+	+
	4	+	++	++	+	++	++
	5	++	++	++	++	++	++

Objaśnienia: -makaron twardy, -/+ makaron na wpół miękki, + makaron miękki.
++makaron bardzo miękki

Czas rehydratacji makaronu instant smażonego zarówno w oleju rzepakowym, jak i słonecznikowym jest podobny i mieści się w przedziale 2 - 4 minut (Tab. 1).

Według Soboty i Łuczaka [2010] czas uwodnienia makaronu instant powinien wynosić kilka minut. Czas rehydratacji makaronów instant otrzymanych w warunkach laboratoryjnych mieści się w dopuszczalnym czasie.

Oznaczenie maksymalnej siły cięcia

Maksymalna siła cięcia makaronu instant bez dodatków mieści się w zakresie 5,44 - 10,85 N (Tab. 2). Największą siłą cięcia charakteryzuje się makaron bez dodatków smażony w temperaturze 170°C (10,85 N), a najmniejszą makaron smażony w temperaturze 150°C (5,44 N). Analizując wyniki pomiaru maksymalnej siły cięcia wszystkich rodzajów makaronów instant smażonych w oleju rzepakowym, stwierdzono wzrostową tendencję twardości makaronu wraz ze wzrostem temperatury smażenia (Tab. 2).

Tab. 2. Maksymalna siła cięcia makaronu instant. Wartości średnie o tym samym indeksie różnią się istotnie statystycznie dla $p \leq 0,05$.

		Olej słonecznikowy			Olej rzepakowy		
		150°C	160°C	170°C	150°C	160°C	170°C
bez dodatków	[N]	5,44 ^j	6,37 ⁱ	10,30 ^d	5,74 ^{ij}	6,01 ⁱ	10,85 ^{c,d}
emulgator 0,1%	[N]	9,12 ^e	11,35 ^c	12,04 ^b	10,49 ^d	11,50 ^c	13,47 ^a
emulgator 0,2%	[N]	8,97 ^e	9,56 ^e	11,18 ^c	9,08 ^e	10,72 ^d	11,45 ^c
emulgator 0,2% + błonnik 3%	[N]	5,64 ^{ij}	5,97 ⁱ	11,61 ^{b,c}	6,57 ^h	7,53 ^g	10,41 ^d
emulgator 0,2% + błonnik 5%	[N]	8,63 ^f	11,23 ^c	10,92 ^{c,d}	8,17 ^g	8,72 ^f	12,30 ^b

Makaron instant bez dodatków, smażony w oleju rzepakowym charakteryzuje się większą wartością siły cięcia w stosunku do makaronu instant smażonego w oleju słonecznikowym we wszystkich temperaturach smażenia.

Według danych literaturowych [Chon-Sik Kang i in., 2004] siła cięcia powinna mieścić się w zakresie 3,79 - 6,73 N. Wyniki pomiaru siły cięcia badanych makaronów instant są wyższe w porównaniu z danymi zawartymi w literaturze. Różnice mogą wynikać z odmiennego składu recepturowego produktów, rozszerzonego o dodatek emulgatora i błonnika pokarmowego.

Oznaczenie barwy

Kolejnym czynnikiem wpływającym na jakość makaronu instant oraz akceptowalność przez konsumenta jest barwa. Zależć ona może od warunków procesu technologicznego, zwłaszcza parametrów procesu smażenia takich jak: czas, temperatura, rodzaj medium smaźalniczego oraz od składu recepturowego produktu.

Poziom jasności (L)*

Analizując makaron instant bez dodatków, zaobserwowano, iż najwyższy poziom jasności miał makaron smażony w temperaturze 150°C (77,49), a najniższy w temperaturze 160°C (73,68) (Tab. 3). Dodatek emulgatora bez błonnika

pokarmowego spowodował wzrost jasności analizowanych próbek w porównaniu z makaronem bez dodatków. Wzrost temperatury smażenia do 160°C powodował obniżenie poziomu jasności makaronów bez względu na medium smaźalnicze. Podwyższenie temperatury smażenia do 170°C skutkowało dalszym obniżeniem poziomu jasności dla makaronów z dodatkiem 0,1% emulgatora smażonych w oleju słonecznikowym i makaronów z dodatkiem 0,2% emulgatora smażonych w oleju rzepakowym.

Dodatek błonnika pokarmowego obniżył poziom jasności makaronów smażonych w temp. 150°C do poziomu porównywalnego z makaronem bez dodatków (dla 3% dodatku błonnika pokarmowego) lub niższego (dla 5% dodatku błonnika pokarmowego). Poziom jasności makaronów smażonych w oleju rzepakowym był wyższy lub na podobnym poziomie dla wszystkich analizowanych próbek niż dla próbek o analogicznym składzie smażonych w oleju słonecznikowym. Najwyższy poziom jasności wśród analizowanych próbek makaronów instant został zaobserwowany dla makaronów z dodatkiem 0,1 i 0,2% emulgatora smażonych w temperaturze 150°C bez względu na użyte medium smaźalnicze. Zaobserwowano również, że makarony smażone w oleju rzepakowym w temperaturze 170°C charakteryzowały się większą jasnością niż te same próbki smażone w oleju słonecznikowym.

Według Hou i Kruk [1998] oraz Park i Baik [2004] wysokiej jakości makarony instant charakteryzują się stopniem jasności mieszczącym się w przedziale 73,5 -82,0. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wartość parametru L^* badanych makaronów instant mieści się w tym zakresie.

Wraz ze wzrostem temperatury smażenia zaobserwowano zmniejszenie poziomu jasności makaronu instant, co potwierdzają także badania Marciniak-Lukasiak i Ciszek [2011].

*Parametr a^**

Analizując zmiany wartości parametru a^* analizowanych próbek (Tab. 3) można zauważyć, iż dla makaronów bez dodatków parametr ten wzrastał wraz ze wzrostem temperatury smażenia. Dodatek emulgatora nie wpłynął na zmianę tego parametru w porównaniu z makaronami bez dodatków bez względu na temperaturę smażenia i użyte medium smaźalnicze. Wprowadzenie dodatku błonnika pokarmowego spowodowało obniżenie wartości tego parametru dla badanych makaronów smażonych w temperaturze 150°C, przy czym dla dodatku 3% błonnika pokarmowego wartości były porównywalne dla użytych mediów smaźalniczych oscylując na poziomie -0,4, natomiast 5% dodatek błonnika pokarmowego spowodował obniżenie wartości parametru a^* do poziomu 0,3 dla makaronów smażonych w oleju słonecznikowym i 1,3 dla makaronów smażonych w oleju rzepakowym. Przy wzroście temperatury smażenia, wartość parametru a wzrasta, przy czym dla makaronów z dodatkiem 5% błonnika pokarmowego smażonych w temperaturze 170°C parametr ten jest dwukrotnie wyższy w porównaniu z makaronami bez dodatku błonnika pokarmowego.

Najwyższa wartość tego parametru została zaobserwowana dla próbki makaronu z dodatkiem emulgatora i 5% błonnika pokarmowego smażonej w oleju słonecznikowym w temperaturze 170°C (6,32), natomiast najniższa również dla próbki smażonej w oleju słonecznikowym, ale z dodatkiem emulgatora i 3% błonnika pokarmowego smażonej w temperaturze 150°C (-0,47).

Tab. 3. Barwa makaronu instant. Wartości średnie o tym samym indeksie różnią się istotnie statystycznie dla $p \leq 0,05$.

Próby makaronów	Parametry barwy	Olej słonecznikowy			Olej rzepakowy		
		150 [°C]	160 [°C]	170 [°C]	150 [°C]	160 [°C]	170 [°C]
bez dodatków	L	77,80 ^b	73,68 ^e	76,64 ^c	77,49 ^b	73,58 ^e	76,72 ^c
	a	-1,75 ^g	1,47 ^e	3,53 ^c	-2,23 ^g	1,45 ^e	2,87 ^{c'',d''}
	b	21,20 ^{d''}	24,31 ^{b''}	26,12 ^{a'',b}	21,39 ^{d''}	24,21 ^{b''}	24,25 ^{b''}
emulgator 0,1%	L	80,06 ^a	77,86 ^b	73,23 ^e	81,38 ^a	76,58 ^c	76,53 ^c
	a	-1,84 ^g	1,46 ^e	4,29 ^c	-2,05 ^g	1,39 ^e	3,10 ^{c',d'}
	b	21,45 ^{d''}	24,68 ^{b''}	27,10 ^{a''}	20,75 ^{d''}	23,47 ^{b'',c'}	25,81 ^{a'',b'}
emulgator 0,2%	L	80,69 ^a	75,39 ^d	75,28 ^d	80,62 ^a	78,10 ^b	75,42 ^d
	a	-2,36 ^g	1,37 ^e	3,34 ^c	-2,07 ^g	1,70 ^e	4,38 ^c
	b	20,79 ^{d''}	24,60 ^{b''}	27,41 ^{a''}	21,01 ^{d''}	24,44 ^{b''}	27,30 ^{a''}
emulgator 0,2% + błonnik 3%	L	78,45 ^b	76,41 ^c	73,32 ^e	76,06 ^c	75,56 ^d	74,14 ^{d,e}
	a	-0,47 ^f	0,41 ^f	3,46 ^c	-0,42 ^f	1,42 ^e	3,99 ^c
	b	21,43 ^{d''}	22,43 ^{c''}	24,70 ^{b''}	22,07 ^{c''}	22,95 ^{c''}	25,28 ^{b''}
emulgator 0,2% + błonnik 5%	L	75,98 ^c	73,45 ^e	70,60 ^f	73,27 ^e	74,73 ^d	71,69 ^f
	a	0,29 ^f	2,45 ^d	6,32 ^a	1,25 ^e	1,76 ^e	5,41 ^b
	b	20,83 ^{d''}	22,33 ^{c''}	25,05 ^{b''}	21,10 ^{d''}	21,05 ^{d''}	24,62 ^{b''}

Parametr b^*

Analiza zmian wartości parametru b^* (Tab. 3) pozwala zauważyć, iż wraz ze wzrostem temperatury smażenia analizowanych makaronów instant wartość tego parametru ma tendencję rosnącą. Parametr ten ma najniższą wartość dla makaronów instant bez dodatków, smażonych w temperaturze 150°C. Wzrasta on wraz ze wzrostem temperatury smażenia do 160°C i utrzymuje się na tym samym poziomie przy dalszym podwyższaniu temperatury smażenia. Dodatek emulgatora do analizowanych próbek nie spowodował różnic w wartości tego parametru w odniesieniu do próbek bez dodatków dla niższych temperatur smażenia. Istotny wzrost tego parametru dla makaronów z dodatkiem emulgatora nastąpił przy temperaturze smażenia na poziomie 170°C dla obu rodzajów mediów smażalniczych osiągając dla nich najwyższe wartości wśród wszystkich analizowanych wariantów (wartość parametru b^* była porównywalna bez względu

na wysokość dodatku emulgatora). Dodatek błonnika pokarmowego do receptury spowodował obniżenie wartości parametru b^* do poziomu porównywalnego lub niższego w odniesieniu do próbek bez dodatków. Rodzaj użytego medium smażalniczego nie miał większego wpływu na ten parametr wśród analizowanych próbek makaronów.

Wnioski

1. Makarony instant smażone w oleju rzepakowym mają w większości analizowanych próbek niższą zawartość tłuszczu w porównaniu do makaronów smażonych w oleju słonecznikowym. Zastosowanie dodatków spowodowało obniżenie zawartości tłuszczu.
2. Poziom zawartości wody maleje wraz ze wzrostem temperatury smażenia. Zastosowanie dodatków technologicznych spowodowało nieznaczne podwyższenie zawartości wody w gotowym produkcie (do 0,5 %) nie przekraczając obowiązujących norm.
3. Czas rehydratacji makaronu zależy od temperatury smażenia. Zastosowane dodatki nieznacznie wydłużyły czas rehydratacji.
4. Zastosowanie dodatku emulgatora lub emulgatora i błonnika pokarmowego wpływa na wzrost wartości siły cięcia.
5. Wzrost temperatury smażenia powoduje zmniejszenie poziomu jasności. Natomiast zastosowanie dodatków w większości badanych prób spowodowało wzrost jasności makaronu.
6. Makarony instant z dodatkiem emulgatora charakteryzowały się wyższym poziomem jasności w porównaniu do makaronów bez dodatków i z dodatkiem błonnika pokarmowego. W przypadku badanych makaronów, parametr a^* wzrastał wraz z podwyższeniem temperatury smażenia. Zastosowanie dodatku błonnika pokarmowego spowodowało obniżenie wartości tego parametru dla makaronów smażonych w temperaturze 150°C. Najwyższe wartości parametru b^* zostały zaobserwowane dla makaronów z dodatkiem emulgatora smażonych w temperaturze 170°C.

Literatura

- [1] AACC International: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. Methods 10-05 and 44-15A. The Association, 1995, St. Paul, MN.
- [2] Biller E.: Instrumentalny pomiar barwy. W: Wybrane procesy w technologii żywności (red. E. Biller i A. Wierzbicka). Wyd. SGGW, 2003, Warszawa, 117 – 124.
- [3] Czerwińska D.: Charakterystyka mąk makaronowych. Przegląd Zbożowo - Młynarski, 2010, 54 (8), 11–12.

- [4] Kang C.S., Seo Y.W., Woo S.H., Park J.C., Cheong Y.K., Kim J.G., Park C.S.: Influences of protein characteristics on processing and texture of noodles from Korean and US wheats. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 2004,10 (3), 133-140.
- [5] Choy A.L., May B.K., Small D.M.: The effects of acetylated potato starch and sodium carboxymethyl cellulose on the quality of instant fried noodles. *Food Hydrocolloids*, 2012, 26, 2 – 8.
- [6] Ding S., Yang J.: The influence of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and quality of fried instant noodles. *LWT - Food Science and Technology*, 2013, 53, 61-69.
- [7] Galiński G., Jeżewska M., Przygodzki R., Remiszewski M.: Porównanie wartości odżywczej wybranych makaronów instant. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, 2 (35),119-124.
- [8] Hou G., Kruk M.: Asian Noodle Technology. *Technical Bulletin XX*, 1998, 12, 1–10.
- [9] Hou G.: Oriental noodles. *Advances in Food & Nutrition Research*, 2001, (43),141–193.
- [10] Huang Y.Ch., Lai H.M.: Noodle quality affected by different cereal starches. *Journal of Food Engineering*, 2010, 97, 135 – 143.
- [11] Jurga R.: *Przetwórstwo zbóż*, cz. 3. WSiP, Warszawa, 1995, 72 – 76.
- [12] Kowalczyk D., Gustaw W.: Wpływ powłok hydrokoloidowych na cechy jakościowe frytek ziemniaczanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 67 (6), 72–80.
- [13] Kubomura K.: Instant noodle in Japan. *Cereal Foods World*, 1998, 41, 3, 189-192.
- [14] Sobota A., Łuczak J.: Badania sadu chemicznego makaronów instant. *Bromatologia i Chemia toksykologiczna*, 2010,4, 515-522.
- [15] Marciniak-Łukasiak M., Ciszek G.: Wpływ wybranych czynników na jakość makaronów instant. *Przemysł Spożywczy*, 2011,65 (11), 44-46.
- [16] Marciniak-Łukasiak K., Żbikowska A.: Jakość smażonych makaronów instant w zależności od warunków procesu smażenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 3 (88), 151-163.
- [17] Mellema M.: Mechanism and fat reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, 2003, 14, 364-373.
- [18] Park Ch.S., Baik B.K.: Relationship between protein characteristics and instant noodle making quality of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 2004, 81 (2), 159-164.
- [19] PN-73/A-82111. Oznaczenie zawartości tłuszczu.
- [20] Rekas A., Marciniak-Lukasiak M.: A multivariate study of the correlation between addition of maltodextrin, MCG, HPMC and psyllium on the quality of instant fried noodles. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 62, 689-696.

- [21] Stable Micro System: User guide. Texture expert for Windows. Stable Micro System, 1997, Godalming, UK.
- [22] Wójtowicz A.: Influence of extrusion parameters on some texture characteristics of precooked semolina pasta. *Acta Agrophysica*, 2006, 8, 1049–1060.
- [23] Wójtowicz A.: Wpływ dodatków typu Suprex® na wybrane właściwości fizyczne ekstrudowanych makaronów błyskawicznych. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*, 2010, 54 (11), 26–29.
- [24] Wu J., Aluko R.E., Corke H.: Partial least-squares regression study of the effects of wheat flour composition, protein and starch quality characteristics on oil content of steamed-and-fried instant noodles. *Journal of Cereal Science*, 2006, 44, 117–126.
- [25] Yu L. J., Ngadi M. O.: Textural and other quality properties of instant fried noodles as affected by some ingredients. *Cereal Chemistry*, 2004, 81 (6), 772–776.

WPLYW WZBOGACANIA CIASTA PSZENNEGO BŁONNIKIEM POKARMOWYM NA PRZEBIEG KRZYWYCH EKSTENSOGRAFICZNYCH

ANTONI MIŚ, AGNIESZKA NAWROCKA

Streszczenie

Opracowano siedmio-parametrowy model regresji do analizowania zmian kształtu krzywych wyznaczanych przy użyciu ekstensografu Brabendera. Ich kształt, zbliżony do odwróconej paraboli, bardzo dokładnie opisywała funkcja wielomianowa trzeciego stopnia. Natomiast, początkowy i końcowy przebieg tych krzywych, dobrze odwzorowywały funkcje eksponencjalne. Weryfikację użyteczności tego modelu przeprowadzono w oparciu o eksperyment, w którym różnicowano jakość ciasta pszenneego poprzez stosowanie, pojedynczo i w mieszance, dwóch dodatków bogatych w błonnik pokarmowy, błonnika karobowego (od 1% do 5%) i pełnoziarnowego mlewa owsianego (od 5% do 15%).

Wyniki pomiarów ekstensograficznych przeanalizowane w oparciu o opracowany model wykazały istotne zmiany w kształcie krzywych ekstensograficznych w wyniku wzbogacania ciasta pszenneego błonnikiem pokarmowym. Najmocniej różnicowały się parametry funkcji wielomianowej opisujące nachylenie i wklęsłość/wypukłość ramion krzywej ekstensograficznej oraz położenie jej wierzchołka. Z kolei najmniejszym zmianom podlegały parametry modelu opisujące końcowy przebieg tej krzywej. Obecność błonnika karobowego w cieście, w przeciwieństwie do mlewa owsianego, wpływała na wzrost nachylenia ramion krzywej, a jej wierzchołek przemieszczał się bliżej końca krzywej. Ponadto, działanie mlewa owsianego przejawiało się zanikaniem wklęsłości ramion krzywej, które w miarę zwiększania tego dodatku stawały się wypukłe. Reaktywność dodatków błonnikowych podczas dojrzewania ciasta miała wyraźnie silniejszy wpływ na parametry modelu opisującego kształt krzywych ekstensograficznych niż na zróżnicowanie oporu maksymalnego i rozciągliwości ciasta pszenneego.

Słowa kluczowe: ciasto pszenne, dodatki błonnikowe, dojrzewanie ciasta, krzywe ekstensograficzne, model regresji.

Wprowadzenie

Pomiary właściwości reologicznych ciasta chlebowego wykonywane przy użyciu ekstensografu Brabendera mają duże znaczenie w ocenie jakości wypiekowej mąki pszennej oraz dodatków poprawiających walory sensoryczne

i zdrowotne pieczywa [Sabanis i Tzia, 2009; Nandeesh i in., 2011; Colakoglu i Özkaya, 2012; Mohammed et al., 2012]. Są one odczytywane bezpośrednio z wykresu krzywej ekstensograficznej, nazywanej również ekstensogramem, który przedstawia zmianę oporu ciasta na rozciąganie (R) w funkcji drogi rozciągania (x). Wysokość i rozpiętość tej krzywej są graficznymi miarami oporu maksymalnego (R_m) i rozciągliwości ciasta (EXT).

Mimo znacznej powszechności badań ekstensograficznych, dotychczas nie wykonywano szczegółowej analizy kształtu krzywych ekstensograficznych w oparciu o model matematyczny adekwatny do tego celu. Najczęściej analiza ta sprowadzała się do wyznaczania stosunku R_m/EXT , na podstawie którego wnioskowano, czy analizowana krzywa ma pokrój płaski lub wypukły. Bardziej merytorycznie uzasadniona wydaje się ocena kształtu, której wynik nie będzie zależny od wymiarów krzywych ekstensograficznych (R_m i EXT). Warunek ten można spełnić poprzez normalizowanie wymiarów krzywych, zarówno w poziomie jak i w pionie, np. poprzez sprowadzanie ich do jedności. Krzywe $R(x)$ przekształcone do postaci znormalizowanej $R(x/EXT)/R_m$ różnią się wyłącznie kształtem, gdyż ich wysokość i rozpiętość są takie same. Drugim niezbędnym warunkiem przy analizie kształtu krzywych ekstensograficznych jest posługiwanie się modelem regresji opisującym precyzyjnie, i w całym zakresie, przebieg zależności $R(x)$. Taki model będzie gwarantować, że charakterystyka kształtu krzywych ekstensograficznych przeprowadzona w oparciu o parametry takiego modelu będzie miarodajna i obiektywna.

Celem prezentowanych badań było opracowanie modelu spełniającego powyższe wymogi. Weryfikację tego modelu pod względem precyzji opisu krzywych ekstensograficznych i ocenę użyteczności parametrów modelu w charakterystyce jakościowej ciasta chlebowego przeprowadzono w oparciu o dane eksperymentalne. W eksperymencie modelowano jakość ciasta pszennego poprzez stosowanie, pojedynczo i w mieszance, dwóch dodatków bogatych w błonnik dietetyczny oraz poprzez różnicowanie czasu dojrzewania (leżakowania) ciasta. Jako dodatki wybrano błonnik karobowy [Ruiz-Roso i in., 2010] i mlewo owsiane [Ciołek i in., 2007].

Materiał i metody badań

Mieszanki do badań sporządzano z mąki pszennej chlebowej, błonnika karobowego i pełnoziarnowego mlewa owsianego. Mąka zawierała 0,75% popiołu i 25,8% glutenu mokrego, który odznaczał się wysokim 94% indeksem glutenu. Liczba opadania w mące wynosiła 214 s. Błonnik karobowy jest produktem handlowym wytwarzanym z szarańczyny strąkowego i sprzedawanym pod nazwą „Carob fibre” (Carob General Application, Hiszpania). Mlewo owsiane otrzymywano z przemiału laboratoryjnego (Lab Mill 3100, Perten Instruments AB, Szwecja) ziarna owsa polskiej odmiany Gniady, charakteryzującego się brązową łuską. Analiza składu chemicznego [Miś, 2011], wykazała, że błonnik karobowy

i mlewo owsiane zawierało odpowiednio 24,8% i 12,0% włókna surowego, 0,7% i 3,5% tłuszczu oraz 6,1% i 13,8% białka.

Zastosowano 4 poziomy dawek dodatków błonnikowych, które wynosiły 0, 1, 3 i 5% , dla błonnika karobowego, oraz 0, 5, 10 i 15% , dla mlewa owsianego. Dawki odnoszono do masy mąki. Sporządzono ogółem 16 rodzajów mieszanek.

Pomiary ekstensograficzne wykonano zgodnie ze standardową procedurą (ICC 114/1). W pierwszym etapie wyrabiano ciasto o konsystencji 500 FU stosując Farinograph-E (Brabender, Niemcy). Czas wyrabiania ciasta był stały i wynosił 5 min. Drugi etap tej procedury przeprowadzono przy użyciu Extensograph-E (Brabender, Niemcy). Najpierw próbkę ciasta nadawano cylindryczny kształt i pozostawiano je w komorze leżakowania na 45 min, a następnie wykonywano test rozciągania. Podczas testu system operacyjny ekstensografu rejestrował z częstotliwością 9 s^{-1} przebytą drogę rozciągania (x) i opór ciasta na rozciąganie (R). W sensie fizycznym x wyraża dystans (w mm), odczytywany z wykresu $R(x)$, który jest proporcjonalny do drogi, jaką pokonuje hak rozciągający ciasto w czasie testu (Rys. 1a). Z kolei R wyraża siłę (w jednostkach ekstensograficznych, EU), z jaką ciasto przeciwstawia się rozciąganiu podczas testu. Czynności drugiego etapu powtarzano dwukrotnie dla uzyskania krzywych ekstensograficznych odpowiadających czasom leżakowania 90 i 135 min. Pomiary wykonywano w 4 powtórzeniach.

Zależność oporu ciasta (R) od drogi rozciągania (x) została opisana przy pomocy następującego modelu regresji:

$$R(x) = R_m \cdot (1 - (a - b \cdot x / EXT) \cdot (c - x / EXT)^2 - R_I \cdot \exp(-x / (EXT \cdot D_I)) - R_F \cdot \exp((-1 + x / EXT) \cdot 1 / D_F))$$

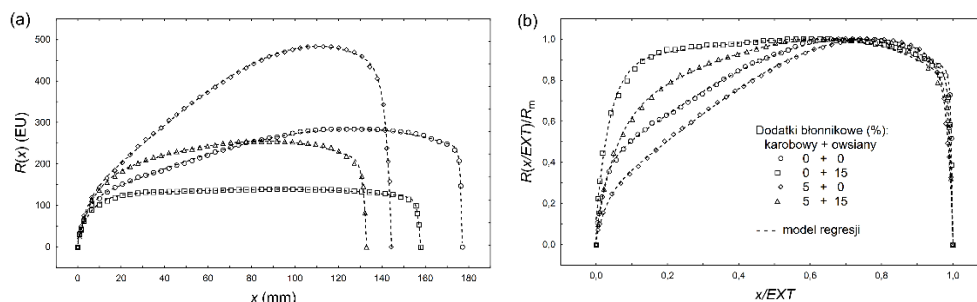
gdzie: a , b , c , R_I , D_I , R_F i D_F są parametrami modelu, zaś R_m i EXT są wskaźnikami wyznaczonymi zgodnie ze standardem ICC 114/1.

Stopień dopasowania tego modelu do danych eksperymentalnych oszacowany współczynnikiem determinacji mieścił się w przedziale od 0,995 do 0,999. Wskazuje to na prawie idealne odwzorowanie kształtu krzywych ekstensograficznych przez opracowany model (Rys. 1a). Na Rys. 1b model ten przedstawiono również w formie znormalizowanej $R(x/EXT)/R_m$, ułatwiającej obiektywne porównywanie kształtu krzywych.

Główny człon opracowanego modelu stanowi trzy-parametrowa (a , b i c) funkcja wielomianowa trzeciego stopnia, wykresem której jest krzywa wyglądem przypominającym odwróconą parabolę, i stąd tę część oporu ciasta opisywanego funkcją wielomianową przyjęto nazywać opornością paraboliczną. Przy pomocy parametrów tej funkcji określano nachylenie (a) i wklęsłość (ujemne wartości b)/wypukłość (dodatnie wartości b) ramion krzywej oraz miejsce usytuowania jej wierzchołka (c) na drodze rozciągania (x/EXT). Model zawiera również dwie funkcje eksponencjalne, początkową i końcową, które korygują przeszacowane (zbyt duże) wskazania funkcji wielomianowej w początkowym i końcowym

przebiegu krzywej ekstensograficznej. Wartości tych korekt oznaczone jako R_I i R_F nazwano odpowiednio opornościami eksponencjalnymi, początkową i końcową. Zaś dynamikę spadku R_I i R_F w funkcji drogi rozciągania (x/EXT), oznaczone jako D_I i D_F , nazwano odpowiednio dystansami rozpraszania oporności eksponencjalnej początkowej i końcowej. Szczegółowa interpretacja graficzna parametrów modelu oraz ich znaczenie w obrazowaniu zachowań reologicznych ciasta są zawarte w pracy Misia i Dzikiego [2013].

Wartości parametrów modelu określono przy pomocy analizy regresji nieliniowej, a ich zmienność pod wpływem badanych czynników oszacowano wyznaczając 95% przedziały ufności (NIR). Na Rys. 2, 3 i 4 naniesiono także krzywe obrazujące zmiany parametrów modelu w funkcji dawek dodatków błonnikowych i czasu leżakowania ciasta, wyznaczone metodą regresji powierzchni odpowiedzi (RSM). Analizy statystyczne wykonano stosując program Statistica v. 10, PL (StatSoft Inc., USA).



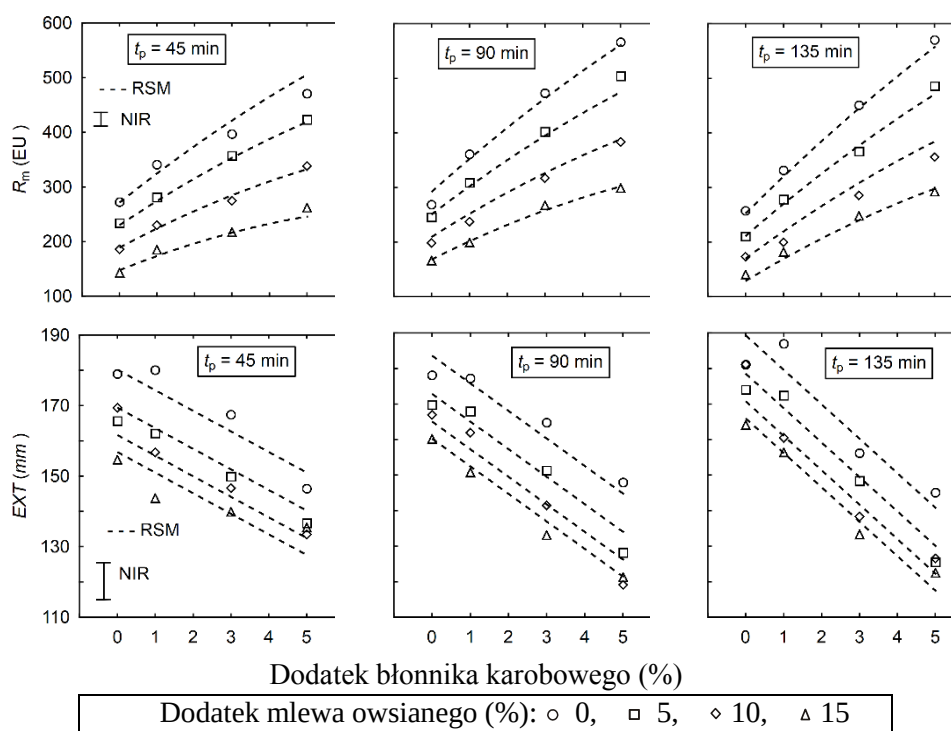
Rys. 1. Ilustracja kształtu krzywych ekstensograficznych ciasta pszennego leżakowanego 45 minut i wzbogacanego błonnikiem karobowym i mlewem owsianym przedstawionych w formie tradycyjnej (a) i znormalizowanej (b)

Wyniki i dyskusja

W modyfikowaniu oporu maksymalnego i rozciągliwości ciasta najważniejszą rolę odgrywał rodzaj i dawka dodatku błonnikowego, a w mniejszym stopniu czas leżakowania ciasta (Rys. 2). Dodatek błonnika karobowego wzmacniał strukturę ciasta, czyniąc ją oporniejszą na rozciąganie i zarazem mniej rozciągliwą. Z kolei dodatek mlewa owsianego wpływał na obniżanie mechanicznej wytrzymałości ciasta i jego rozciągliwości. Otrzymane wyniki, pokrywają się z wcześniejszymi badaniami Misia i in. [2012] i wskazują na odmienne funkcje reologiczne badanych dodatków. Wang i in. [2002] testując zachowanie alveograficzne ciasta wzbogaconego błonnikiem karobowym (3%) również obserwował wzrost oporu na deformację (P) i spadek rozciągliwości (L). Zaś podobne działanie reologiczne do mlewa owsianego stwierdzili Sudha i in. [2007], kiedy zwiększali udział otrąb owsianych w cieście pszenным. Odmienne wyniki uzyskali Peymanpour i in. [2012], którzy wzbogacając ciasto chlebowe mąką owsianą obserwowali stopniowy wzrost energii ciasta. Przyniesione fakty mogą dowodzić,

że niekorzystny efekt mlewa owsianego na wytrzymałość ciasta może być spowodowany obecnością w nim frakcji otrębiastej.

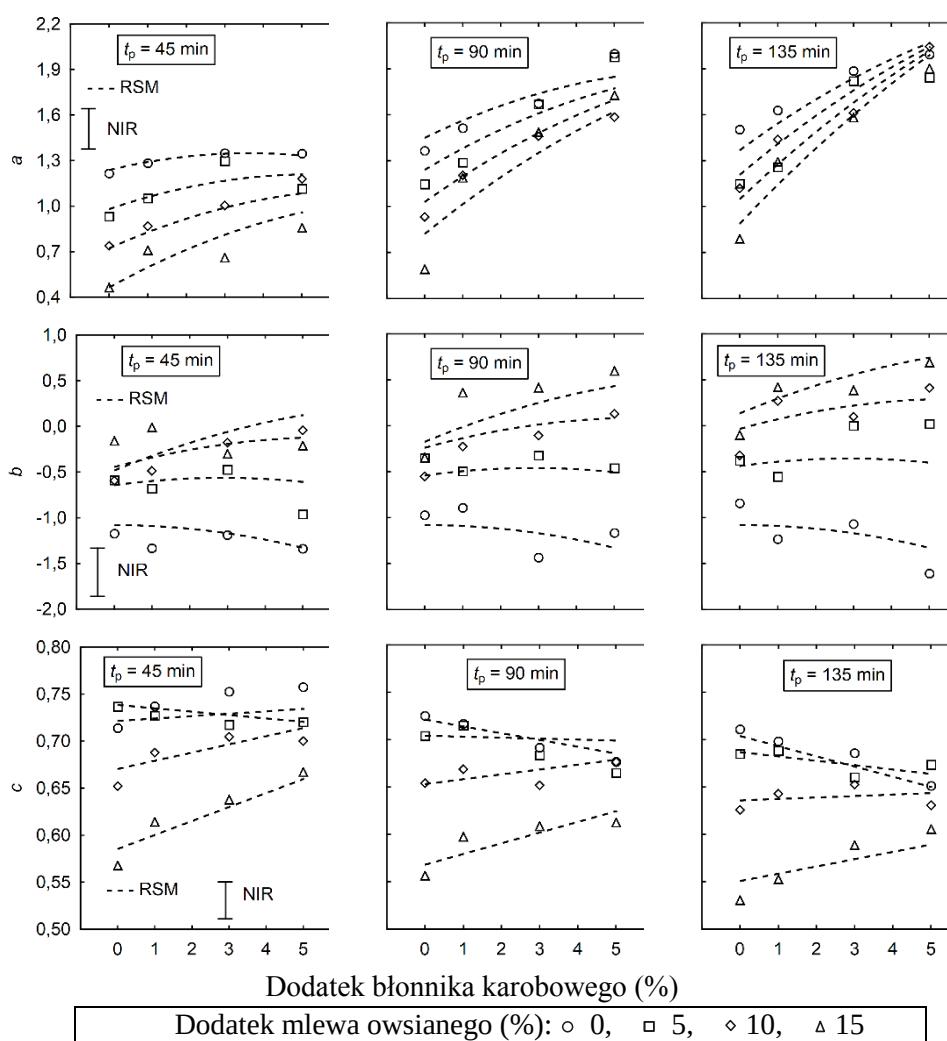
W miarę wydłużania leżakowania ciasta (Rys. 2), reaktywność błonnika karobowego ze składnikami ciasta pszennego nasilała się, w efekcie struktura ciasta wzmacniała się. Mlewo owsiane nie wykazywało takiej reaktywności, co może oznaczać, że ten dodatek pełnił jedynie rolę medium rozcieńczającego sieć glutenową ciasta. Różne mechanizmy interakcji błonnika z białkami glutenowymi, na występowanie których wskazują również Noort i in. [2010] i Nawrocka i in [2015], są podstawową przyczyną odmiennych zachowań reologicznych ciasta podczas testu rozciągania.



Rys. 2. Wpływ dodatku błonnika karobowego i mlewa owsianego i czasu leżakowania ciasta (t_p) na jego opór maksymalny (R_m) i rozciągliwość (EXT)

Charakterystykę kształtu krzywych ekstensograficznych w oparciu o parametry opracowanego modelu przedstawiono na Rys. 3 i 4. Badane dodatki błonnikowe najmocniej różnicowały parametry opisujące przebieg oporności parabolicznej (a , b i c). Nachylenie ramion krzywej wzrastało istotnie pod wpływem wydłużania czasu leżakowania ciasta z 45 min do 135 min, przeciętnie około 55%. Wartość a wzrastała również istotnie w wyniku zwiększania dodatku błonnika karobowego. Przeciwnie oddziaływanie na ten parametr wywierała obecność w cieście

mlewa owsianego. Krzywa podlegała spłaszczeniu, potwierdzając niekorzystny wpływ tego dodatku na formowanie wzmocnienia odkształceniowego ciasta. Podobne wnioski formułowali Andersson i in., [2011] badając wpływ suplementowania otrębami owsianymi ciasta wyrabianego ze skrobi kukurydzianej. Podwyższanie wzmocnienia odkształceniowego ciasta jest o tyle ważne, że cecha ta sprzyja formowaniu się bochenków chleba o dużej objętości i równomiernie porowatym miększu [van Vliet, 2008; Ktenioudaki i in., 2010].



Rys. 3. Wpływ dodatku błonnika karobowego i mlewa owsianego i czasu leżakowania ciasta (t_p) na nachylenie (a) i wklęsłość/wypukłość (b) ramion krzywej ekstensograficznej i położenie jej wierzchołka (c)

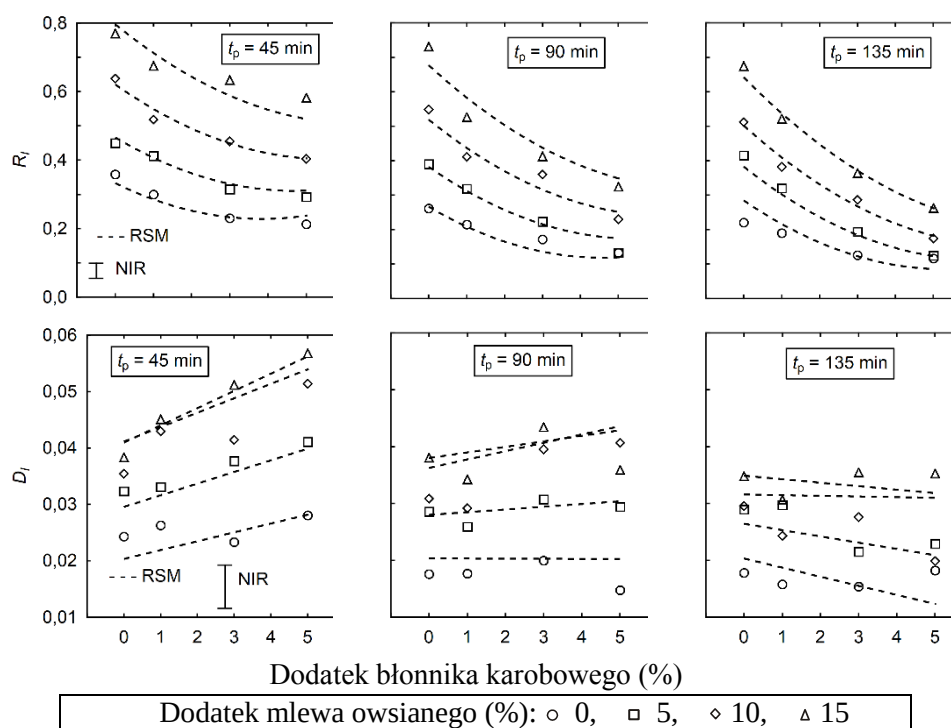
Wklęsłość/wypukłość ramion krzywej, podobnie jak położenie jej wierzchołka, zależało przede wszystkim od wielkości dodatku mlewa owsianego. Przeciętne

wartości b i c dla ciasta bez dodatków błonnikowych (kontrola) wynosiły odpowiednio -1.2 i 0.71. W miarę zwiększania dodatku mlewa owsianego wklęsłość ramion krzywej stawała się coraz mniejsza. Przy maksymalnym dodatku (15%) wklęsłość ta zanikała ($b \sim 0$), a w wyniku wydłużania leżakowania (90 i 135 min) parametr ten zaczął przyjmować nawet wartości dodatnie, wskazujące na wybrzuszanie się (wypukłość) ramion krzywej ekstensograficznej. Równocześnie obecność mlewa owsianego wpływała na przemieszczanie wierzchołka krzywej w kierunku środka drogi rozciągania. Przy interpretacji przyczyn przemieszczania się wierzchołka można posłużyć się pracą Doxastakis'a i in. [2002]. Porównując zamieszczone w niej ekstensogramy dla mąki pszennej i pszenżytniej można łatwo zauważyć, że ciasto wytworzone w 100% z mąki pszenżytniej, stawiające kilkakrotnie niższy opór maksymalny niż ciasto pszenne, odznaczało się usytuowaniem wierzchołków krzywych blisko ich początku ($c \sim 0,2$), w odróżnieniu wierzchołki krzywych dla ciasta pszennego znajdowały się zaś bliżej ich końca ($c \sim 0,7$). Może to wskazywać na istnienie ogólnego trendu, zgodnie z którym osłabianiu wytrzymałości ciasta towarzyszy zmniejszanie się przewagi jego zachowań sprężystych nad tymi lepкими.

Kierunek zmian parametrów b i c pod wpływem błonnika karobowego był uzależniony od dawki mlewa owsianego. W obecności wyższych dawek mlewa owsianego (10-15%) w cieście, wzrost dodatku błonnika karobowego wpływał istotnie na zmniejszanie wklęsłości ramion krzywej i sytuowanie się wierzchołka krzywej bliżej jej końca. Natomiast przy nieobecności mlewa owsianego, błonnik karobowy wpływał na kształtowanie się przeciwnych trendów.

Czas leżakowania ciasta różnicował istotnie położenie wierzchołka krzywej ekstensograficznej. Wierzchołek ten przemieszczał się ze strefy końcowej do bardziej centralnej w miarę wydłużania leżakowania. Przemieszczanie to występowało nawet podczas leżakowania ciasta wzbogacanego błonnikiem karobowym, którego opór maksymalny wzrastał. Zinterpretować to można w następujący sposób: wartość oporu maksymalnego charakteryzującego sumaryczny efekt obu rodzajów zachowań ciasta, sprężystych i lepких, wzrastała w wyniku wydłużania leżakowania, jednakże tempo przyrostu sprężystości mogło być słabsze od tego dla lepkości, w efekcie stosunek sprężystości do lepkości obniżał się, wpływając również na obniżanie c .

Badane dodatki błonnikowe z kilkakrotnie większą siłą wpływały na przebieg początkowego etapu rozciągania niż etapu końcowego. Wynika to przede wszystkim z dużej dynamiki etapu końcowego obrazującego proces zrywania ciasta (Rys. 1b). Oporność R_F osiągała bardzo wysokie wartości, dochodzące nawet do 0,95, natomiast dystans jej rozpraszania D_F był bardzo krótki, nie przekraczał 0,022. Przy tak dynamicznych procesach trudno jest oczekiwać, aby subtelne różnice jakościowe ciasta mogły w znaczący sposób różnicować ich przebieg.



Rys. 4. Wpływ dodatku błonnika karobowego i mlewa owsianego i czasu leżakowania ciasta (t_p) na oporność eksponencjalną początkową (R_i) i dystans jej rozpraszania (D_i)

Oporność eksponencjalna początkowa (Rys. 4) różnicowała się w bardzo szerokim zakresie (0,20 – 0,77). Wzrastała ona w miarę zwiększania dodatku mlewa owsianego, zaś malała ze wzrostem dawki błonnika karobowego i czasu leżakowania ciasta. Oporność R_i była dodatnio skorelowana z dystansem jej rozpraszania D_i , charakteryzującym zakres odkształceń rozciągających mieszczących się w obszarze liniowej lepkościowości ciasta. Na podkreślenie zasługuje fakt, że czynniki wpływające na poprawę oporu maksymalnego (Rys. 2) równocześnie przyczyniały się do obniżania wartości R_i i D_i , a kształt krzywych ekstensograficznych upodabniał się coraz silniej do paraboli, co również znajduje potwierdzenie w wynikach badań Anderssen'a i in. [2004].

Wnioski

1. Opracowany model regresji oporności ekstensograficznej ciasta umożliwia jej rozdzielenie na trzy składowe: eksponencjalną początkową, paraboliczną i eksponencjalną końcową. Odzwierciedlają one zmieniające się zachowania reologiczne ciasta w trakcie jego rozciągania. Zachowania te można określić następująco: lepkościowość liniowa, wzmocnienie odkształceniowe i proces zrywania ciasta.

2. Istotną zaletą opracowanego modelu jest możliwość normalizowania wymiarów pionowych i poziomych krzywych ekstensograficznych, co gwarantuje obiektywny opis różnic w ich kształcie.
3. Wzbogacanie ciasta pszennego błonnikiem pokarmowym powoduje istotne zmiany w kształcie krzywych ekstensograficznych, zwłaszcza odzwierciedlone parametrami funkcji wielomianowej.
4. Obecność błonnika karobowego w cieście, w przeciwieństwie do mlewa owsianego, wpływała na wzrost nachylenia ramion krzywej ekstensograficznej i przemieszczanie wierzchołka tej krzywej w kierunku jej końca.
5. Specyficzne działanie mlewa owsianego przejawiało się zanikaniem wklęsłości ramion krzywej, które w miarę zwiększania tego dodatku stawały się wypukłe.
6. Reaktywność dodatków błonnikowych podczas dojrzewania ciasta miała wyraźnie silniejszy wpływ na parametry modelu opisującego kształt krzywych ekstensograficznych niż na zróżnicowanie oporu maksymalnego i rozciągliwości.

Literatura

- [1] Anderssen R.S., Bekes F., Gras P.W., Nikolov A., Wood J.T.: Wheat-flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties. *Journal of Cereal Science*, 2004, 39, 195–203.
- [2] Andersson H., Öhgren C., Johansson D., Kniola M., Stading M.: Extensional flow, viscoelasticity and baking performance of gluten-free zein-starch doughs supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25, 1587-1595.
- [3] Ciolek A., Makarski B., Makarska E., Zadura A.: Content of some nutrients in new black oat strains. *Journal of Elementology*, 2007, 12(4), 251-259.
- [4] Colakoglu A.S., Özkaya H.: Potential use of exogenous lipases for DATES replacement to modify the rheological and thermal properties of wheat flour dough. *Journal of Cereal Science*, 2012, 55, 397-404.
- [5] Doxastakis G., Zafiriadis I., Irakli M., Marlani H., Tananaki C.: Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. *Food Chemistry*, 2002, 77, 219-227.
- [6] ICC Standard No. 114/1.: Method for using the Brabender Extensograph. International Association for Cereal Science and Technology, 1992, Vienna.
- [7] Ktenioudaki A., Butler F., Gallagher E.: Rheological properties and baking quality of wheat varieties from various geographical regions. *Journal of Cereal Science*, 2010, 51, 402-408.
- [8] Miś A.: Interpretation of mechanical spectra of carob fibre and oat wholemeal-enriched wheat dough using non-linear regression models. *Journal of Food Engineering*, 2011, 102, 369-379.
- [9] Miś A., Dziki D.: Extensograph curve profile model used for characterizing the impact of dietary fibre on wheat dough. *Journal of Cereal Science*, 2013, 57, 471-479.

- [10] Miś A., Grundas S., Dziki D., Laskowski J.: Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal. *Journal of Food Engineering*, 2012, 108, 1-12.
- [11] Mohammed I., Ahmed A., Senge B.: Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 2012, 36, 196-202.
- [12] Nandeesh K., Jyotsna R., Venkateswara Rao G.: Effect of differently treated wheat bran on rheology, microstructure and quality characteristics of soft dough biscuits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2011, 35 (2) , 179-200.
- [13] Nawrocka A. Szymańska-Chargot M., Miś A., Ptaszyńska A.A., Kowalski R., Waśko P., Gruszecki W.I.: Influence of dietary fibre on gluten proteins structure – a study on model flour with application of FT-Raman spectroscopy. *Journal of Raman Spectroscopy*, 2015, 46, 309-316.
- [14] Noort M.W.J., van Haaster D., Hemery Y., Schols H.A., Hamer R.J.: The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality – Evidence for fibre–protein interactions. *Journal of Cereal Science*, 2010, 52, 59-64.
- [15] Peymanpour G., Rezaei K., Sorkhilalehloo B., Pirayeshfar B., Najafian G.: Changes in rheology and sensory properties of wheat bread with the addition of oat flour. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2012, 14(2), 339-348.
- [16] Ruiz-Roso B., Quintela J.C., de la Fuente E., Haya J., Perez-Olleros L.: Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic subjects. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2010, 65, 50-56.
- [17] Sabanis D., Tzia C.: Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, 2009, 2, 68-79.
- [18] Sudha M.L., Vetrmani R., Leelavathi K.: Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 2007, 100, 1365-1370.
- [19] van Vliet T.: Strain hardening as an indicator of bread-making performance: A review with discussion. *Journal of Cereal Science*, 2008, 48, 1-9.
- [20] Wang J., Rosell C.M., Benedito de Barber C.: Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 2002, 79, 221–226.

ŻELOWANIE IZOLATU BIAŁEK SERWATKOWYCH Z DEKSTRANEM

STANISŁAW MLEKO, MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO, BARTOSZ SOŁOWIEJ, MACIEJ NASTAJ, DARIUSZ M. STASIAK, AGNIESZKA LATOCH, JAROSŁAW MAZURKIEWICZ, PIOTR ZARZYCKI, ANNA WIRKIJOWSKA, KAMILA WASILEWSKA

Streszczenie

W pracy przebadano wpływ dodatku dekstranu o zróżnicowanej masie cząsteczkowej na właściwości teksturalne i reologiczne żeli otrzymywanych z izolatu białek serwatkowych. Dodatek dekstranu do żelu białkowego powodował obniżenie jego twardości. Twardość żeli białkowych spadała wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dekstranu. Kruchość żeli białkowych malała wraz ze wzrostem stężenia dodanego dekstranu, natomiast przylegalność żelu białkowego wzrastała wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dekstranu. Dodatek dekstranu powodował spadek wartości modułu zachowawczego i modułu stratności, co może świadczyć o stabilizującym działaniu dekstranu na strukturę białek serwatkowych.

Słowa kluczowe: białko serwatkowe, dekstran, reologia, tekstura, żelowanie

Wprowadzenie

Białko jest źródłem aminokwasów wykorzystywanych do endogennej syntezy białek ustrojowych. Najcenniejszymi z punktu widzenia żywienia białkami dla człowieka są białka serwatkowe. Zawierają potrzebną dla człowieka ilość niezbędnych aminokwasów podtrzymujących podstawowe funkcje życiowe, prawidłowy wzrost i rozwój. Oprócz wysokiej wartości odżywczej wykazują bardzo dobre zdolności emulgujące, pianotwórcze i żelujące, a tym samym mają wpływ na właściwości reologiczne i jakość produktów. Stanowią one najcenniejszy składnik serwatki będącej produktem ubocznym powstałym po przetwarzaniu mleka na serki i sery twarogowe, kazeinę oraz sery dojrzewające. Przy produkcji serwatki rocznie powstaje ponad 100 mln ton serwatki. Obecnie można wykorzystać na cele żywnościowe ok. 50% substancji zawartych w serwatce. Rozwój technologii przetwarzania serwatki i udoskonalenie metod frakcjonowania białek serwatkowych umożliwia produkcję preparatów składników znajdujących się w serwatce w bardzo małych ilościach [Strochmaier 2004]. Prowadzonych jest wiele badań w tym kierunku. Pozwolą one w przyszłości na szersze zastosowanie ich właściwości. Białka serwatkowe charakteryzują się doskonałymi

właściwościami funkcjonalnymi, dzięki którym w produktach żywnościowych poddanych działaniu temperatury można osiągnąć pożądane cechy [Darewicz i Dziuba 2005]. Jedną z ważniejszych właściwości funkcjonalnych białek serwatkowych jest żelowanie [Ziegler i Foegeding, 1990]. Powstający żel nadaje produktom właściwą teksturę, zmniejsza synerezę, umożliwiając zatrzymywanie cennych składników pokarmowych w produkcie. Wpływa również na wodochłonność oraz zdolność do uwalniania aromatów. Właściwości żelu zależą od składu produktów serwatkowych. Szeroki wybór preparatów serwatkowych, ich zróżnicowany skład oraz możliwość dodatków zachęca do prowadzenia badań nad nimi. Ze względu na swoje doskonałe właściwości funkcjonalne koncentraty i izolaty białek serwatkowych coraz częściej są używane do produkcji różnorodnych produktów spożywczych [de Wit 2001]. Z racji swojego składu aminokwasowego białka serwatkowe charakteryzuje bardzo wysoka wartość odżywcza [Tomczyńska-Mleko 2010]. Zawierają niezbędne aminokwasy takie jak izoleucyna, leucyna, lizyna, treonina czy tryptofan. Ich ilość w tej frakcji białek jest znacznie większa niż w ich poziomie w kazeinie, białku mięsa wieprzowego, pszenicy, soi czy też we wzorcu FAO/WHO i białku jaja kurzego. Cechuje je również duża zawartość aminokwasów egzogennych [Mleko 2009]. Białka serwatkowe posiadają zdolność stymulacji syntezy glutationu dzięki wysokiej zawartości aminokwasów siarkowych, głównie cysteiny. Glutathion ma za zadanie redukować a tym samym unieczynniać toksyczny dla organizmu nadtlenek wodoru i wodorotlenki lipidowe, które powstają podczas utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych [Grey i inni 2003]. Duże stężenie glutathionu w tkankach może chronić przed rozwojem komórek nowotworowych. Większa podaż białek serwatkowych w codziennej diecie może pomóc organizmowi radzić sobie w sytuacjach stresowych. Jest to możliwe dzięki wysokiej zawartości tryptofanu w tych białkach. Jego zwiększone stężenie w mózgu przyczynia się do poprawy zdolności poznawczych, nastroju, pokonywania sytuacji stresowych, obniżenia uczucia lęku [Tomczyńska-Mleko 2010]. Sformułowano wiele definicji funkcjonalnych właściwości białek żywności. Jedną z nich jest definicja Kinselli, która mówi, że funkcjonalne właściwości białek w żywności „to te fizyczne i chemiczne właściwości, które wpływają na zachowanie się białek w produktach żywnościowych podczas ich wytwarzania, przechowywania i spożywania” [Kinsella, 1987]. Do właściwości funkcjonalnych należą: właściwości powierzchniowe (zdolność do tworzenia i stabilizowania emulsji, zdolność do tworzenia i stabilizowania piany, rozpuszczalność) i właściwości żelujące. Żelowanie jest jedną z najważniejszych właściwości funkcjonalnych. Aby było ono możliwe, konieczne jest zajście dwóch procesów molekularnych, takich jak rozfałdowanie i agregacja [Barbut i Foegeding 1993]. W wyniku rozfałdowania, pomiędzy cząsteczkami białka następuje zwiększenie oddziaływań hydrofobowych. Kiedy natomiast siły przyciągania przewyższają siły odpychania, zachodzi agregacja. Skłonności białek do tych procesów zależą od czynników

takich jak temperatura, pH, środowisko jonowe oraz od obecności substancji takich jak emulgatory, tłuszcze i cukry [Bryant i McClements 1998]. Podczas żelowania następuje rozerwanie wiązań wodorowych, disulfidowych i rozproszenie się agregatów, które polimeryzują w czasie stygnięcia, tworząc przestrzenną sieć. Żelowanie rozpoczyna się w temperaturze $\sim 65^{\circ}\text{C}$. W $\text{pH}=7,0$ uzyskuje się żele zwięzłe, elastyczne i przezroczyste. Przy pH zbliżonym do punktu isoelektrycznego ($\text{pH}=4,5-5,0$) powstają żele mętne, o małej zwięzłości i elastyczności. Aby uzyskać żel nieprzezroczysty należy przeprowadzić żelowanie w niższej temperaturze, np. 25°C w środowisku kwaśnym (poniżej $\text{pH } 6,5$) [Mleko i Foegeding 2000].

Dekstrany to nazwa wspólna dla grupy wielocukrów bakteryjnych zbudowanych reszt D-glukopiranozy, połączonych ze sobą wiązaniami α -1,6- glikozydowymi. Dekstran syntetyzowany jest przez α -1,6- transglikozydazy, które są wydzielane przez komórki bakterii mlekowych. Bakterie te należą głównie do rodzaju *Leuconoctoc* i *Streptococcus*. Bakterie dekstranotwórcze *L. mesenteroider* i *L. dextranicum* mogą być wyizolowane ze ześluzowaciałych roztworów cukrowych, produktów mleczarskich, soków drzew owocowych, warzyw i owoców. Aby proces syntezy dekstranu mógł zajść, potrzebna jest obecność sacharozy [Robyt 1986]. Budowa dekstranu, rozmiar jego cząsteczek oraz stopień ich rozgałęzienia zależy przede wszystkim od szczepu bakterii wytwarzającej glukan, nie od rodzaju czy gatunku, do którego należy bakteria. Część mikroorganizmów jest zdolna do syntezy jednego rodzaju rozpuszczalnego w wodzie polisacharydu, są jednak i takie, które syntetyzują dekstrany nierozpuszczalne. Inne szczepy są w stanie tworzyć nawet kilka odmiennych typów glukanów. Opisane do tej pory dekstrany dzielą się na trzy klasy:

- I klasa - należy do nie dekstrany właściwe, zbudowane z łańcucha głównego - α -1,6- glukanowego oraz z przyłączonych do niego grup pobocznych poprzez wiązania α -1,2, α - 1,3 lub α -1,4- glikozydowe,
- II klasa - grupa ta obejmuje dekstrany złożone z łańcucha głównego zawierającego występujące na przemian wiązania α -1,3 i α -1,6 oraz z łańcuchów pobocznych przyłączonych wiązaniem α -1,3,
- III klasa - należą tu glukany zwane mutantami. Od klasy II różnią się tylko tym, że w ich łańcuchu głównym występują tylko kolejne wiązania α -1,3 a także wiązania boczne α -1,6-glikozydowe w mniejszej ilości [Robyt 1986]. Metodą wykorzystywaną do produkcji dekstranu jest najczęściej fermentacja dekstranowa. W jej wyniku powstaje tzw. dekstran natywny o masie cząsteczkowej wynoszącej od 50 kDa do 500MDa Jest to proces jednoetapowy. Wykorzystywane jest w nim bogate podłoże, które jako źródło węgla zawiera sacharozę, zazwyczaj w stężeniu 10%. Cały proces przebiega w temperaturze $20-25^{\circ}\text{C}$. Pozostałe warunki fermentacji nie są kontrolowane. Czas trwania procesu wynosi od 2 do 6 dni. Standardowo wydajność procesu fermentacji wynosi ok. 25% w przeliczeniu na wyjściową zawartość sacharozy, jednak szczepy takie jak *L. mesenteroides* są w stanie podnieść wydajność produkcji do 45% [Jeans 1965].

Definicja żelu jako stałego, usieciowanego tworzywa makroskopowych rozmiarów wyklucza płynięcie w potocznym tego słowa rozumieniu. Abstrahując od zagadnienia liczby Debory i zjawiska powszechnego płynięcia w zależności od czasu relaksacji i odkształcenia, żel z natury nie płynie. Wobec tego podczas analizy reologicznej żel może ulec zniszczeniu, lub należy zastosować taką metodę pomiaru, która nie spowoduje zniszczenia struktury. W pierwszym przypadku mówi się o badaniach tekstury, a w drugim o mało inwazyjnych lub nieinwazyjnych metodach pomiaru właściwości reologicznych, do których należy reologia dynamiczna oraz laserowa. Możliwe jest również połączenie obydwu metod stosując dynamiczne metody pomiaru tekstury. Może zaistnieć sytuacja, że teoretycznie w przypadku materiałów idealnie sprężystych, gdy zastosuje się duże odkształcenia, próbka nie ulegnie zniszczeniu. Po pierwsze, w rzeczywistości materiały idealnie sprężyste nie istnieją, a po drugie sprężystość żeli jest dość ograniczona. Pewną trudność stanowią badania nad słabymi żelami. Jeżeli ich graniczne naprężenie płynięcia jest niskie, wówczas czasami stosuje się metody przeznaczone do badań cieczy. Wykorzystując reologię rotacyjną otrzymuje się krzywe płynięcia i używając modeli reologicznych wyznacza się wpływ gradientu prędkości ścinania i czasu na wartości naprężenia ścinającego [Sikora i inni 2011]. Charakteryzuje się wówczas takie materiały jako najczęściej tiksotropowe ciecze rozrzedzane ścinaniem. Tymczasem w rzeczywistości czym innym jest materiał (słaby żel) pozostający w spoczynku, a czym innym ciecz otrzymana w wyniku działania sił ścinających. W zasadzie rzeczywiste właściwości reologiczne słabych żeli można zmierzyć tylko przy użyciu reometrii małych odkształceń lub innych reometrii nieużywających niszczących sił ścinających, a więc na przykład laserowej. W praktyce stosuje się również reometrię rotacyjną, gdyż układy słabych żeli spotyka się dość powszechnie w technologii żywności i są to wszystkie substancje posiadające ustrukturalizowanie swojej tekstury, które powoduje, iż w warunkach bardzo niskich wartości naprężeń nie wykazują zjawiska płynięcia. Celem pracy było przebadanie wpływu dodatku dekstranów o zróżnicowanej masie cząsteczkowej na proces żelowania białek serwatkowych. W analizowanych żelach badano właściwości takie jak: twardość, kruchość, przylegalność, żujność, spoistość, gumowatość, sprężystość i elastyczność. Badano również wpływ temperatury na wartości modułu zachowawczego G' i modułu stratności G'' .

Materiał i metody badań

Materiał badawczy

- Izolat białek serwatkowych (whey protein isolate WPI) LACPRODAN produkcji Arla Foods Ingredients (Viby, Dania) o zawartości 88% białka.
- dekstran SERVA (Heidelberg, New York) Mr. o masie cząsteczkowej 4000-6000 Da, control F6 nazwany dekstranem 1
- dekstran SERVA (Heidelberg, New York) Mr. o masie cząsteczkowej 80000- 12000 Da, control G6 nazwany dekstranem 2

- dekstran SERVA (Heidelberg, New York) Mr. o masie cząsteczkowej 15000- 20000 Da, control A6 nazwany dekstranem 3

Metody badań

Proces produkcji żelu białkowo-dekstranowego

Sporządzono żele o stałej zawartości 10% białka z dodatkiem każdego z trzech rodzajów dekstranu w roztworze NaCl o stężeniu 0,1 M.

- 10% białka+ 0% dekstranu
- 10% białka+ 5% dekstranu
- 10% białka+ 10% dekstranu
- 10% białka+ 15% dekstranu

Próbki ogrzewano w temperaturze 80°C przez 30 min w laboratoryjnej łaźni wodnej.

Próbki schładzano do ok. 20°C i przechowywano przez 22 godz. w lodówce w temperaturze 7°C.

Analiza profilu tekstury (TPA)

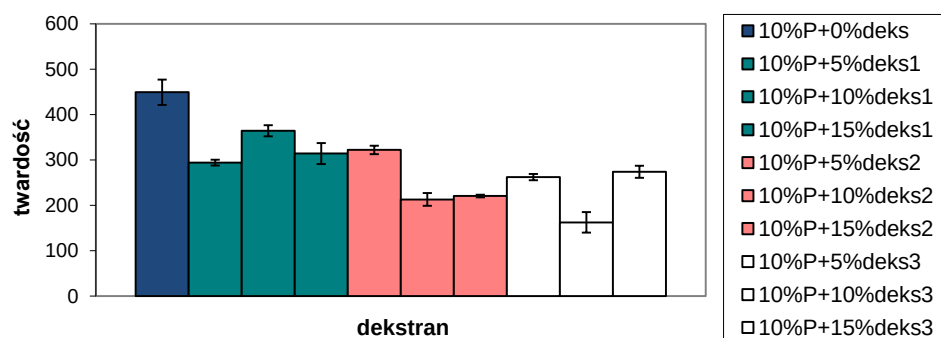
Pomiaru dokonano przy pomocy teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Anglia). Każdą próbkę żelu znajdującego się w zlewkach o pojemności 50 ml w ilości 40 ml badano poprzez dwie penetracje próbника cylindrycznego o średnicy 10 mm, na głębokość 15 mm przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s przedzielone fazą relaksacyjną trwającą 30 s. Uzyskane wyniki rejestrowane były przez program Texture Export version 1.22. W badaniu tekstury (TPA) oznaczano: twardość, kruchość, przylegalność, żuźność, spoistość, gumowatość, sprężystość. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach.

Badanie właściwości reologicznych

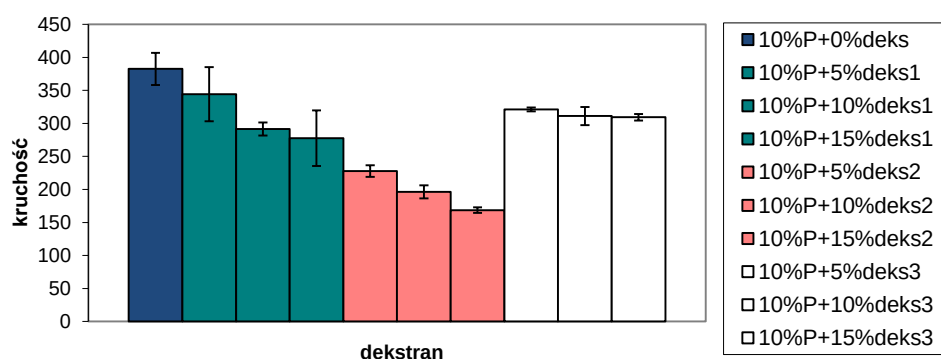
Pomiarów dokonano przy użyciu reometru oscylacyjnego RS 300 (Haake, Karlsruhe, Niemcy) w układzie cylindrów współosiowych Z41, przy częstotliwości 0,1 Hz i odkształceniu 0,01. Próbki były ogrzewane w temperaturze od 25°C do 78°C i następnie chłodzone do 45°C.

Wyniki i dyskusja

Analizując Rys. 1 można zauważyć, że najwyższą twardość miał żel bez dodatku dekstranu. Żelem z dodatkiem dekstranu, który osiągnął najwyższą twardość okazał się być żel z dodatkiem 10% dekstranu 1, natomiast żelem o najniższej twardości był żel z dodatkiem 10% dekstranu 3. Można stwierdzić, że dodatek dekstranu obniża twardość żelu. Twardość żelu maleje również wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dekstranu. Wcześniej stwierdzono, iż dodatek karagenu oraz mączki chleba świętojańskiego do żeli białek serwatkowych powodował wzrost ich twardości [Mleko 2004]. Dodatek różnych substancji, np. cukrów powoduje zakłócenie procesu denaturacji białek, która następuje przy wyższych temperaturach [Rich i Foegeding 2000]. Powstały wówczas żel będzie się charakteryzował mniejszą twardością. Podobne wyniki zaobserwowali w swoich badaniach Spotti i inni [2013].



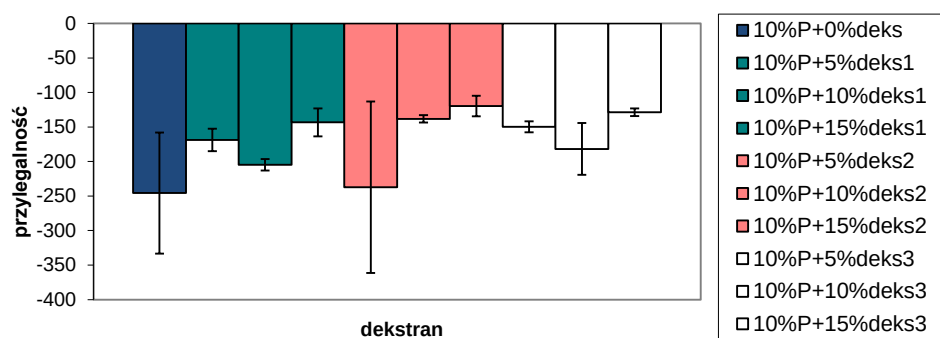
Rys. 1. Zależność twardości żelu od rodzaju i stężenia dekstranu



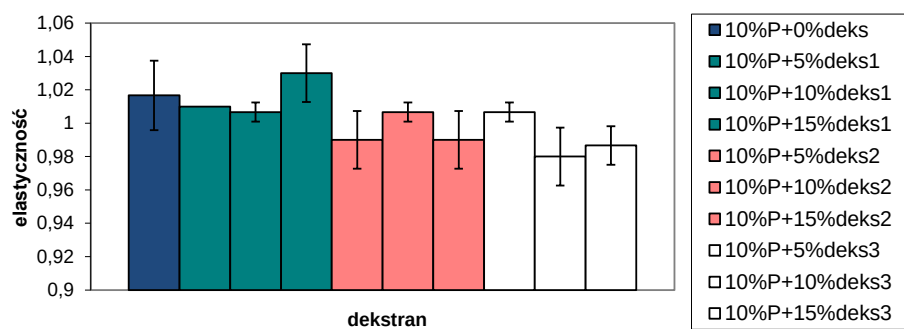
Rys. 2. Zależność kruchości żelu od rodzaju i stężenia dekstranu

Rys. 2 pokazuje, iż najwyższą kruchość uzyskał żel bez dodatku dekstranu, natomiast najniższą kruchość uzyskał żel z dodatkiem 15% dekstranu 2. Wraz ze wzrostem dodatku dekstranu zauważono nieznaczny spadek kruchości żelu z wyjątkiem dekstranu 3. Największą przylegalnością cechował się żel z dodatkiem 15% dekstranu 2, natomiast najniższą - żel bez dodatku dekstranu (Rys. 3). Również żel z dodatkiem 5% dekstranu 2 osiągnął wynik zbliżony do żelu bez dodatku dekstranu. Można zauważyć, że wraz ze wzrostem stężenia dodatku dekstranu do żelu wzrasta jego przylegalność. Dodatkowo można stwierdzić, że parametr ten nieznacznie rośnie wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dodawanego dekstranu. Jednakże w przypadku Rys. 3 i 4 dodatek dekstranu oraz jego masa cząsteczkowa nie wpłynęły istotnie na kruchość i przylegalność.

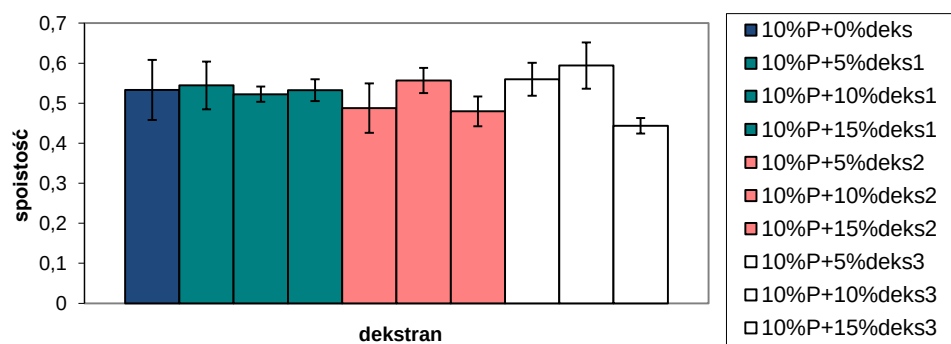
Analizując Rys. 4 można stwierdzić, że najwyższą elastycznością cechował się żel z dodatkiem 15% dekstranu 1, natomiast najniższą - żel z dodatkiem 10% dekstranu 3. Można zaobserwować ogólny spadek elastyczności wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dekstranu. Wyniki te są jednak trudne do dokładnej analizy z uwagi na duże odchylenia standardowe.



Rys. 3. Zależność przylegalności żelu od rodzaju i stężenia dekstranu



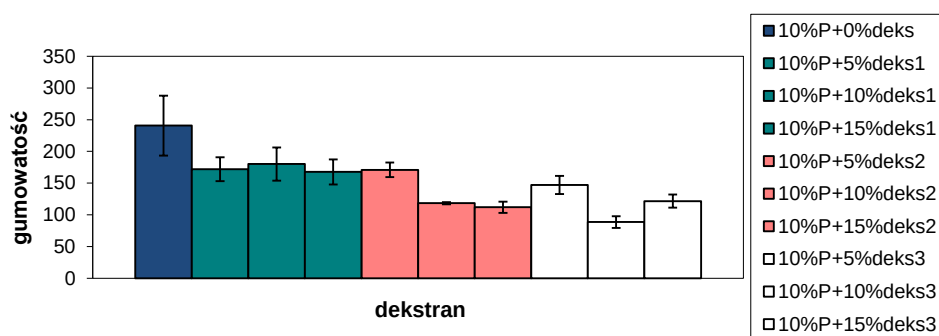
Rys. 4. Zależność elastyczności żelu od rodzaju i stężenia dekstranu



Rys. 5. Zależność spoistości żelu od rodzaju i stężenia dekstranu

Na Rys. 5 widać, że najwyższą spoistością cechuje się żel z dodatkiem 10% dekstranu 3. Najniższą wartość osiągnął żel z dodatkiem 15% dekstranu 3. Wartość ta waha się nieznacznie w przypadku innych stężeń dodawanych dekstranów i ich

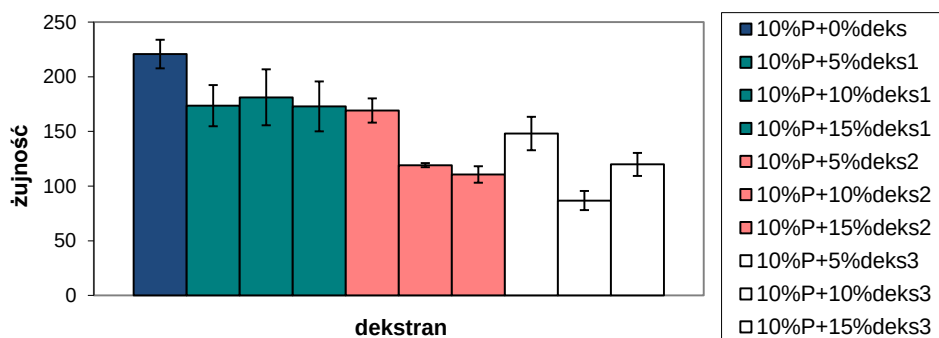
rodzajów, ale są to wartości zbliżone. W swojej pracy dotyczącej otrzymywania mieszanych żeli białek serwatkowych z wybranymi polisacharydami Mleko [2004] stwierdził, że dodatek polisacharydów, z wyjątkiem karagenu powoduje spadek spoistości żelu białkowego. Najwyższą gumowatością charakteryzował się żel bez dodatku dekstranu, natomiast najniższą - żel z dodatkiem 10% dekstranu 3 (Rys. 6). Można zauważyć, że po dodatku dekstranu wartość badanego parametru obniżyła się i spada wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dekstranu.



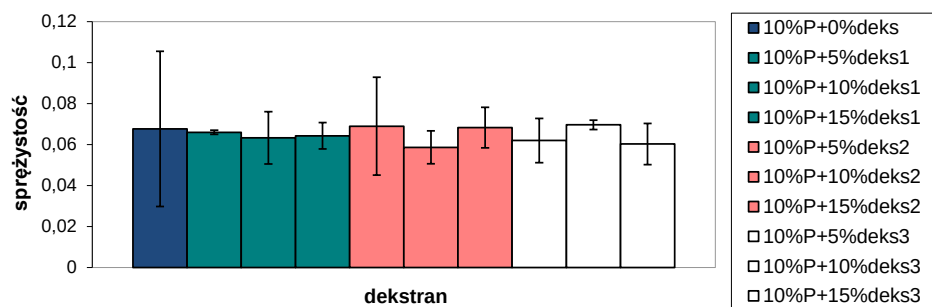
Rys. 6. Zależność gumowatości żelu od rodzaju i stężenia dekstranu

Najwyższą żujnością cechował się żel bez dodatku dekstranu, natomiast najniższą wartość tego parametru osiągnął żel z dodatkiem 10% dekstranu 3 (Rys. 7). Widać wyraźny spadek żujności wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dekstranu. Można zauważyć, że dodatek dekstranu obniża żujność żelu.

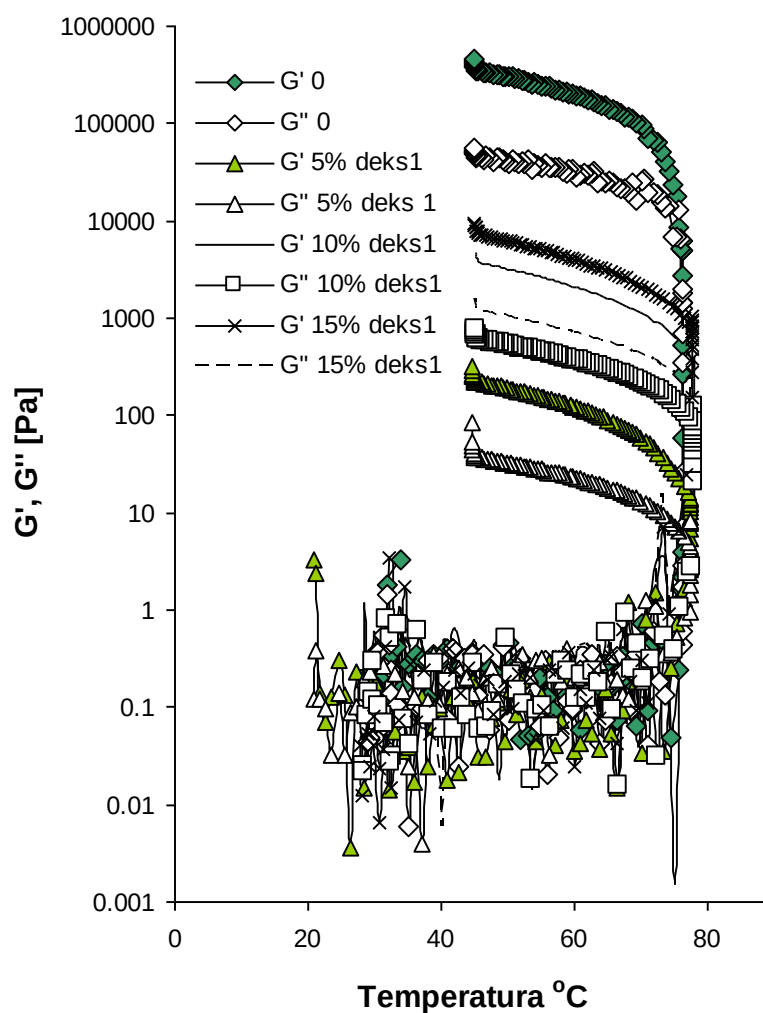
Z analizy Rys. 8 wynika, że dodatek dekstranu do żelu nie powoduje znacznych zmian parametru sprężystości.



Rys. 7. Zależność żujności żelu od rodzaju i stężenia dekstranu



Rys. 8. Zależność sprężystości żelu od rodzaju i stężenia dekstranu



Rys. 9. Wpływ temperatury na wartości modułu zachowawczego i stratności dla 10% żeli WPI z dodatkiem dekstranu 1 o różnym stężeniu

Rys. 9 przedstawia wpływ temperatury na wartości modułu zachowawczego i stratności dla 10% żeli WPI z dodatkiem dekstranu 1 o różnym stężeniu. Podobne wykresy otrzymano dla pozostałych dekstranów. W temperaturze powyżej 70°C zaobserwowano wzrost wartości modułów. Było to spowodowane żelowaniem białek serwatkowych. Wartość modułu zachowawczego była dla wszystkich próbek kilkukrotnie wyższa niż wartość modułu stratności, co świadczy o tym iż otrzymano strukturę żelową. Wraz z dodatkiem polisacharydu zaobserwowano spadek wartości modułów. Pewne substancje obecne w roztworze stabilizują proces denaturacji białek, który następuje przy wyższych temperaturach [Rich i Foegeding 2000].

W przypadku zastosowania takiej samej temperatury i czasu ogrzewania powstała struktura żelu w obecności dekstranu była słabsza (Rys. 9). Sun i inni [2011] zaobserwowali również spadek wartości modułów po dodatku dekstranu do żeli otrzymywanych z białek serwatkowych. Powyższe wyniki pozwalają na stwierdzenie, iż dodatek dekstranów o różnej masie cząsteczkowej pozwala na otrzymywanie żeli o zróżnicowanej teksturze i właściwościach lepkością.

Wnioski

1. Dodatek dekstranu do żelu białkowego obniża jego twardość.
2. Twardość żeli białkowych spada wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej dekstranu.
3. Kruchość żeli białkowych maleje wraz ze wzrostem stężenia dodanego dekstranu.
4. Dodatek dekstranu powoduje spadek wartości modułu zachowawczego i modułu stratności, co może świadczyć o stabilizującym działaniu dekstranu na strukturę białek serwatkowych.

Literatura

- [1] Barbut S., Foegeding E.A.: Ca²⁺-induced gelation of pre-heated whey protein isolate. *Journal of Food Science*, 1993, 58, 867-871.
- [2] Bryant C.M., McClements D.J.: Molecular basis of protein functionality with special consideration of cold-set gels derived from heat-denatured whey. *Trends in Food Science & Technology*, 1998, 9, 143-151.
- [3] Darewicz M., Dziuba J.: Struktura a właściwości funkcjonalne białek mleka. *Żywność.Nauka.Technologia.Jakość*, 2005, 43, 47-60.
- [4] de Wit J.N.: *Lecturer's handbook on whey and whey products*. European Whey Products Association, Brussels, 2001.
- [5] Grey V., Mohammed S.R., Smountas A.A., Bahlool R., Lands L.C.: Improved glutathione status in young adult patients with cystic fibrosis supplemented with whey protein. *Journal of Cystic Fibrosis*, 2003, 2, 195-198.
- [6] Jeans A. R.: Dextran. In.: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Ed. R.L. Whistler. Academic Press, New York, 1965, 118- 132.

- [7] Kinsela J.E.: Physical properties of foods and milk components. Research needs to expand uses. *Journal of Dairy Science*, 1987, 70, 2419-2429.
- [8] Mleko S.: Znaczenie preparatów białek serwatkowych w żywieniu kultuRystów. *KultuRystyka i Fitness*, 2009, 7/8, 106-109.
- [9] Mleko S., Foegeding E.A.: pH induced aggregation and weak gel formation of whey protein polymers. *Journal of Food Science*, 2000, 65, 139-143.
- [10] Mleko S.: Żelowanie preparatów serwatkowych, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 1(38), 25- 33.
- [11] Rich L.M., Foegeding E.A.: Effects of sugars on whey protein isolate gelation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 48(10), 5046-5052.
- [12] Robyt J. F.: *Encyclopedia of Polymer Science & Engineering*, 1986, 4, 752- 767.
- [13] Sikora M., Adamczyk G., KRystyjan M.: Tikotropia miarą niestabilności ciekłych produktów żywnościowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2011, 74, 5-14.
- [14] Spotti M.J., Perduca M.J., Piagentini A., Santiago L.G., Liliana G., Rubiolo A.C., Carrara C.R.: Does dextran molecular weight affect the mechanical properties of whey protein/dextran conjugate gels? *Food Hydrocolloids*, 2013, 32(1), 204-210.
- [15] Strochmaier W.: Chromatographic fractionation of whey proteins. *Biuletyn IDF*, 2004, 389, 29-35.
- [16] Sun W.W., Yu S.J., Yang X.Q., Wang J.M., Zhang J.B., Zhang Y., Zheng E.L.: Study on the rheological properties of heat-induced whey protein isolate-dextran conjugate gel. *Food Research International*, 2011, 44(10), 3259-3263.
- [17] Tomczyńska-Mleko M.: Role of whey proteins in regulation of satiety, food intake and obesity-related disorders. *European Dairy Magazine*, 2010, 21, 11-12.
- [18] Ziegler G.R., Foegeding E.A.: The gelation of proteins. In.: *Advances in Food and Nutrition Research*. Eds.: G.R. Ziegler, E.A. Foegeding. Academic Press, San Diego, 1990, 203-298.

BADANIE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY INTENSYWNOŚCIĄ BARWY A ZAWRTOŚCIĄ WYBRANYCH ZWIĄZKÓW REAKCJI MAILLARDA W PIECZYWIE PODDANEMU PROCESOWI OPIEKANIA

FABIAN NOWAK, JOANNA MICHALAK, ELŻBIETA GUJSKA

Streszczenie

Podczas przetwarzania żywności zachodzą reakcje chemiczne odpowiedzialne za powstawanie takich charakterystycznych cech żywności jak odpowiedni smak, zapach i wygląd. Reakcje, w wyniku których kształtowane są w żywności wyżej wymienione cechy nazywane są reakcjami nieenzymatycznego brązowienia lub reakcjami Maillarda. Podczas tych reakcji tworzy się wiele związków odpowiedzialnych za powstawanie oczekiwanych cech organoleptycznych. Jednak obok związków pożądanых występuje wiele produktów reakcji Maillarda o udowodnionym lub potencjalnym działaniu toksycznym. Do nich należy zaliczyć m.in. hydroksymetylofurfural (HMF) oraz furfural

Celem pracy było zbadanie zależności pomiędzy intensywnością barwy wyrażoną w modelu RGB a zawartością wybranych związków reakcji Maillarda w pieczywie poddanemu procesowi opiekania. Ponadto zbadano wpływ czasu opiekania na zmiany zawartości HMF i furfuralu w pieczywie.

Badania zostały przeprowadzone na próbkach konfekcjonowanego pieczywa „tostowego” ogólnie dostępnego w obrocie handlowym. Zbadano 2 typy pieczywa: pszenne oraz mieszane. Pieczywo każdego typu (rodzaju) poddano procesowi opiekania na 5 różnych poziomach wyznaczonych czasem opiekania: 0, 45, 90, 120, 150 s.

Każdą próbkę pieczywa początkowo analizowano spektrofotokolorymetrycznie w celu pomiaru wartości matematycznych składowych barw w modelu RGB. Następnie te same próbki oznaczano pod kątem zawartości hydroksymetylofurfuralu i furfuralu przy użyciu wysokosprawnej chromatografii cieczowej z odwróconymi fazami.

Badania wykazały statystycznie istotne zależności pomiędzy czasem opiekania wzrostem zawartości HMF i furfuralu w analizowanym pieczywie. Wykazano również ujemną korelację pomiędzy zmianą wartości składowych barwy w modelu RGB, a zawartością oznaczonych związków.

Słowa kluczowe: reakcje Maillarda, HMF, furfural, RGB, pieczywo

Wprowadzenie

Reakcje Maillarda

Podczas przetwarzania żywności zachodzą reakcje chemiczne odpowiedzialne za powstawanie takich charakterystycznych cech żywności jak odpowiedni smak, zapach i wygląd [Tessier i Birlouez-Aragon 2012]. Reakcje, w wyniku których kształtowane są w żywności wyżej wymienione cechy nazywane są reakcjami nieenzymatycznego brązowienia lub reakcjami Maillarda [Purlis 2010; Yu i in., 2012].

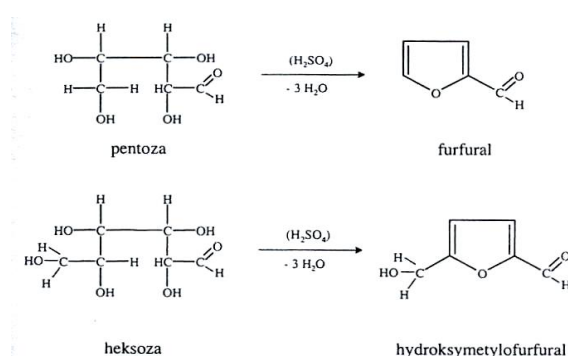
Reakcje Maillarda należą do grupy bardzo złożonych i kompleksowych reakcji chemicznych zachodzących pomiędzy grupą aminową (aminokwasów, peptydów, białek), a grupą karbonylową (cukrów redukujących) [Michalska, Zieliński 2007; Roux i in., 2009].

Podczas reakcji nieenzymatycznego brązowienia tworzy się wiele związków odpowiedzialnych za powstawanie oczekiwanych cech organoleptycznych (smak, zapach, kolor). Jednak obok związków pożądanых występuje wiele produktów reakcji Maillarda o udowodnionym lub potencjalnym działaniu toksycznym (mutagennym, kancerogennym, neurotoksycznym). Do nich należy zaliczyć m.in., hydroksymetylofurfural (HMF) oraz furfural [Michalska i in., 2008; Purlis 2010; Kwon i in., 2011; Hwang i in., 2012].

HMF

5-Hydroksylo-2-furfural jest heterocykliczym aldehydem (posiadającym w łańcuchu 6 atomów węgla), pochodną furanu zawierającą w cząsteczce dwie grupy funkcyjne: aldehydową i alkoholową. [Kowalski i in., 2013].

HMF powstaje podczas reakcji odwodnienia i cyklizacji cukrów w obecności nieorganicznych kwasów. W takich warunkach powstają pochodne furfuralowe. W tych reakcjach z heksoz powstaje HMF, a z pentoz furfural (Rys. 1)



Rys. 1. Reakcje tworzenia się hydroksymetylofurfuralu i furfuralu [Berg i in., 2005]

Zarówno sam HMF jak inne pochodne furfuralu powstają w trakcie obróbki cieplnej żywności, przede wszystkim w szlaku reakcji Maillarda lub w wyniku karmelizacji [Michalska, Zieliński 2007]. HMF może powstawać również podczas długotrwałego przechowywania żywności w kwaśnym środowisku. Obecność hydroksymetylofurfuralu może być wskaźnikiem nadmiernej obróbki cieplnej, zepsucia oraz zafałszowania żywności [Petisca i in., 2014].

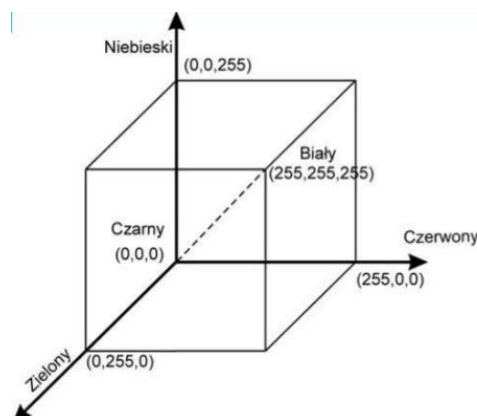
Występowanie HMF stwierdzono w różnych grupach produktów spożywczych głównie w kawie, produktach zbożowych, prażonych orzechach, mleku UHT oraz miodzie. Konsumenci są potencjalnie narażeni na przyjmowanie HMF przez konsumowanie wielu powszechnie dostępnych napojów i żywności, preparatów farmaceutycznych jak również przez ekspozycję na dym papierosowy [Śliwińska i in., 2012; Kowalski i in., 2013]. Liczne badania pozwoliły oszacować, że dobową konsumpcja HMF z żywnością kształtuje się na poziomie 80 mg na osobę. Ponadto związek ten może dostawać się do organizmu człowieka również przez drogi oddechowe lub może być wchłaniany przez skórę [Śliwińska i in., 2012].

Jak dotąd szkodliwe działanie HMF na organizm ludzki nie jest jeszcze udowodnione, jednakże National Institut of Environmental Health Sciences, zakwalifikował hydroksymetylofurfural do badań dotyczących potencjalnie toksycznego działania tego związku. Związkowi temu przypisuje się działania o charakterze drażniącym dla oczu, górnych dróg oddechowych, skóry i błon śluzowych a także możliwości destrukcyjnego oddziaływania na mięśnie poprzecznie prążkowane i narządy wewnętrzne. Przypisuje się mu również działanie mutagenne i kancerogenne. Z tego względu przyjęto dopuszczalną dzienną dawkę (ADI) przyjmowanego HMF na poziomie 2 mg/kg masy ciała [Rój i Przybyłowicz 2011].

Model barwy RGB

Nazwa modelu RGB pochodzi od skrótów pierwszych liter nazw kolorów: czerwonego, zielonego i niebieskiego (w języku angielskim red, green, blue) i został opracowany w 1931 roku przez Międzynarodową Komisję Oświeceniową (Mańkowski i in., 2005).

W modelu wykorzystano układ współrzędnych. Poszczególne barwy otrzymuje się w procesie mieszania w odpowiednich proporcjach barwy czerwonej, niebieskiej i zielonej. Model jest obrazowany za pomocą sześciianu jednostkowego. W głównej przekątnej sześciianu każda barwa ma równy udział, dlatego przedstawia poziomy szarości. Wierzchołek przekątnej to barwa czarna, która opisana jest współrzędnymi (0, 0, 0), natomiast przeciwległy wierzchołek to barwa biała o punktach (255, 255, 255) (Rys.2). Za pomocą cyfrowej techniki konkretny kanał barwy opisany jest 8-bitową liczbą, przez co otrzymuje się 256 poziomów jasności. Model RGB posiada ponad 16 milionów barw [Foley i in., 2001].



Rys. 2. Sześcian przedstawiający model RGB [Foley i in., 2001]

Cel pracy

Celem pracy było zbadanie zależności pomiędzy intensywnością barwy wyrażoną w modelu RGB a zawartością wybranych związków reakcji Maillarda w pieczywie poddanemu procesowi opiekania, jak również zbadanie wpływu czasu opiekania na zmiany zawartość hydroksymetylofurfuralu i furfural w pieczywie.

Materiał i metody badań

Materiał badań

Badania zostały przeprowadzone na próbkach konfekcjonowanego pieczywa „tostowego” ogólnie dostępnego w obrocie handlowym. Pieczywo nabyto w sieciowych sklepach wielkopowierzchniowych. Badaniom poddano 2 typy pieczywa: pszenne oraz mieszane (pieczywo wypiekane z mieszanki mąk: pszennej i żytniej z przewagą mąki pszennej). W obrębie każdego typu pieczywa znalazły się 4 rodzaje pieczywa różnych producentów zbieżne pod względem składu. Pieczywo każdego typu (rodzaju) poddano procesowi opiekania na 5 różnych poziomach wyznaczonych czasem opiekania (Tab. 1), przy użyciu klasycznego, dwu komorowego opiekacza (tostera) kuchennego (Electrolux EAT 7100R, 900W).

Tab. 1. Poziomy opiekania

Poziom opiekania	Czas opiekania [s]
0	0
I	45
II	90
III	120
IV	150

Czas opiekania wynikał z ustawień opiekacza, odległość pomiędzy pieczywem a elementem grzejnym wynosiła ok. 1 cm. W sumie analizie poddano 40 próbek pieczywa. Dla każdej próbki pieczywa analiza była prowadzona w dwóch równoległych powtórzeniach.

Każdą próbkę pieczywa początkowo analizowana spektrofotokolorymetrycznie w celu pomiaru intensywności barwy w skali RGB. Następnie to same próbki posłużyły do oznaczenia HMF-u i furfuralu.

Metody badań

Pomiar barwy został przeprowadzony przy użyciu spektrofotokolorymetru Miniscan EZ (HunterLab). Pomiar dokonywany był powierzchniowo w trzech różnych punktach pomiarowych z obydwu stron analizowanej kromki pieczywa. Wynikiem każdego pomiaru były trzy wartości dla każdej składowej barwy w modelu RGB. Następnie próbki pieczywa zostały podane analizie w kierunku zawartości hydroksymetylofurfuralu oraz furfuralu wg procedury Cháver - Servín i in. [2005]. Dokładnie rozdrobniony i ujednolicony materiał, odważano w ilości ok. 1 g do kolby stożkowej z dokładnością do 0,01g. Do naważonej próbki dodawano 10 ml 0.3M kwasu szczawiowego w celu dokonania ekstrakcji HMF-u i furfuralu. Ekstrakcja prowadzona była w łaźni wodnej w temperaturze 100°C pod chłodnicą zwrotną. Następnie próbki chłodzono i odbiałczano poprzez dodanie po 1 ml heksacyjanożelazianu potasu 15% (w/v) i siarczan cynku 30% (w/v). Po wytrząsaniu (1 min) próbki sączono przez sączek bibułowy. Następnie próbki sączono przez 0,45 µm nylonowy filtr strzykawkowy i analizowano z użyciem wysokosprawnej chromatografii cieczowej z odwróconymi fazami (HPLC-RP). Do analizy zastosowano chromatograf cieczowy firmy Shimadzu LC-10A, sprzężony z układem komputerowym z programem do integracji LC Solution Shimadzu. Zestaw chromatograficzny wyposażony był w detektor UV-Vis pracujący w zakresie 190 – 600 nm, ciśnieniowy degazer, automatyczny podajnik próbek, podwójną pompę oraz termostat kolumn. Do oznaczeń użyto kolumnę chromatograficzną Synergi 4 µM Hydro – RP 80A, 250 x 4,6 mm firmy Phenomenex (Torrance, CA).

Oznaczenia prowadzone były przy następujących warunkach pracy: faza ruchoma - roztwór buforowy woda acetonitryl (96/4; v/v); prędkość przepływu fazy ruchomej: 1,0 ml/min; objętość nastrzyku – 50 µl; temperatura kolumny - 20°C; czas analizy - 30 min.; system detekcji - detektor spektrofotometryczny (ustawiona długość fali detektora $\lambda = 284$ nm dla HMF-u i $\lambda = 277$ nm dla furfuralu). Sygnał HMF-u pojawiał się w ok. 11 min, furfuralu w ok. 15 min. Interpretację jakościową i ilościową otrzymanych rozdziałów chromatograficznych przeprowadzono na podstawie porównania czasu retencji i wielkości pola powierzchni pików HMF-u i furfuralu w próbkach wzorca z czasem retencji i wielkością pola powierzchni pików tych związków w badanych próbkach. W tym celu posłużono się równaniami regresji otrzymanych na podstawie sporządzonych

krzywych wzorcowych HMF-u (w zakresie stężeń 0,23-23 µg/ml) oraz furfuralu (w zakresie stężeń 0,5-10 µg/ml). Pozwoliło to na otrzymanie krzywej regresji HMF-u ($y = 0,001416x - 0,027048$) o liniowości $R^2=0,996$ ($n=5$) oraz krzywej regresji furfuralu ($y = 0,002618x + 0,488654$) o liniowości $R^2=0,999$ ($n=5$). Stężenia HMF-u i furfuralu wyrażone zostały w mg/100g.

Analiza statystyczna

Oznaczenia dla każdej z próbek zostało wykonane w dwóch powtórzeniach. Dane przedstawiono w formie średniej arytmetycznej z podaniem odchylenia standardowego pomiędzy próbami. Wszystkie obliczenia statystyczne dokonane były przy użyciu pakietu Statystyka 12 [StatSoft, Inc. 2014. STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com]. Istotność różnic obliczono za pomocą analizy wariancji jednoczynnikowej przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Tab. 2 przedstawia średnie zawartości HMF-u i furfuralu dla poszczególnych czasów opiekania pieczywa pszennego i mieszanego. We wszystkich rodzajach pieczywa (typach pieczywa) zostały oznaczone znaczące ilości zarówno HMF-u jak i furfuralu. Badania wykazały, że nieopieczone pieczywo obydwu typów zawierało HMF. Zarówno w przypadku hydroksymetylofurfuralu jak i furfuralu pieczywo pszenne cechowało się większą zawartością oznaczonych związków niż pieczywo mieszane. W przypadku pieczywa pszennego średnia zawartość HMF-u na zerowym poziomie opiekania wynosiła 5,43 mg/100g, na kolejnych poziomach opiekania stężenie HMF-u wzrastało do stężenia 14,26 mg/100g na ostatnim poziomie opiekania. Analogiczną zależność wykazano w przypadku pieczywa mieszanego. Zawartość hydroksymetylofurfuralu na pierwszym poziomie wynosiła 2,52 mg/100g, na piątym 7,37 mg/100g. W obydwu przypadkach zanotowano 2-3 krotny wzrost zawartości HMF-u. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż zawartość tego związku w pieczywie pszennym była 2-krotnie większa niż w pieczywie mieszanym.

W przypadku furfuralu wykazano zbieżną zależność jak w przypadku HMF-u. W przypadku pieczywa pszennego i mieszanego oznaczono obecność furfuralu na wszystkich poziomach opiekania. W przypadku pieczywa nieopiekanego pszennego zawartość furfuralu wyniosła 1,06 mg/100g z kolei na czwartym 2,05 mg/100g. Zbieżna wynik uzyskano w przypadku pieczywa mieszanego, zawartość furfuralu w tym przypadku wahała się w granicach od 0,84 mg/100g na „0” poziomie do 1,62 mg/100g na IV poziomie opiekania. W obydwu przypadkach zanotowano blisko 2-krotny wzrost zawartości furfuralu w stosunku do „0” poziomu opiekania.

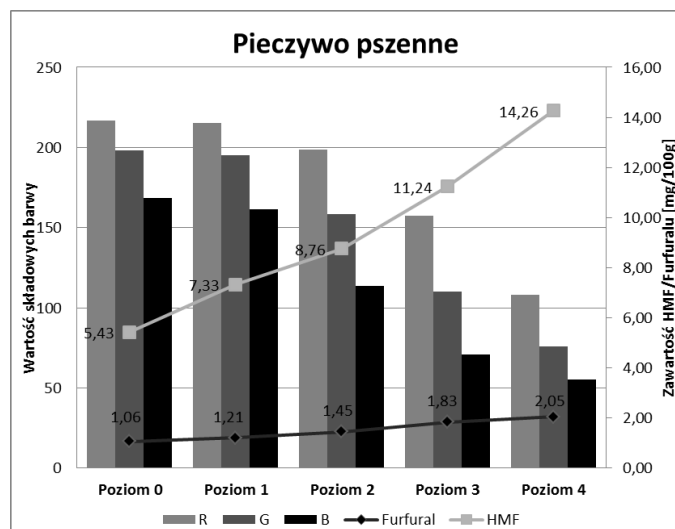
Tab. 2. Zawartość hydroksymetylofurfuralu i furfuralu w badanych próbkach pieczywa

Poziom opiekania / Typ pieczywa		Hydroksymetylofurfural [mg/100g]				Furfural [mg/100g]			
		min / max	X_{sr}	$\pm$	s.d.	min / max	X_{sr}	$\pm$	s.d.
<i>Pieczywo pszenne</i>	0	1,74 / 9,10	5,43 ^a	$\pm$	3,11	0,82 / 1,27	1,06 ^a	$\pm$	0,13
	I	1,78 / 13,78	7,33 ^b	$\pm$	4,53	0,85 / 1,47	1,21 ^b	$\pm$	0,38
	II	3,95 / 13,98	8,76 ^{ac}	$\pm$	3,68	1,20 / 1,86	1,45 ^{ac}	$\pm$	0,28
	III	8,23 / 15,05	11,24 ^{ad}	$\pm$	2,38	1,59 / 2,43	1,83 ^{abc}	$\pm$	0,46
	IV	10,5 / 16,22	14,26 ^{abcd}	$\pm$	2,27	1,87 / 2,24	2,05 ^{abc}	$\pm$	0,18
<i>Pieczywo mieszane</i>	0	0,88 / 6,39	2,52 ^w	$\pm$	4,15	0,66 / 1,16	0,84 ^x	$\pm$	0,16
	I	0,96 / 8,70	3,22 ^x	$\pm$	3,25	0,72 / 1,21	0,91 ^y	$\pm$	0,26
	II	2,29 / 10,04	4,60 ^{wxy}	$\pm$	2,17	0,70 / 1,34	1,12	$\pm$	0,34
	III	3,16 / 13,80	6,36 ^{wxz}	$\pm$	2,28	1,00 / 1,61	1,36 ^{xy}	$\pm$	0,29
	IV	3,78 / 16,17	7,37 ^{wxyz}	$\pm$	3,13	1,10 / 2,39	1,62 ^y	$\pm$	1,82

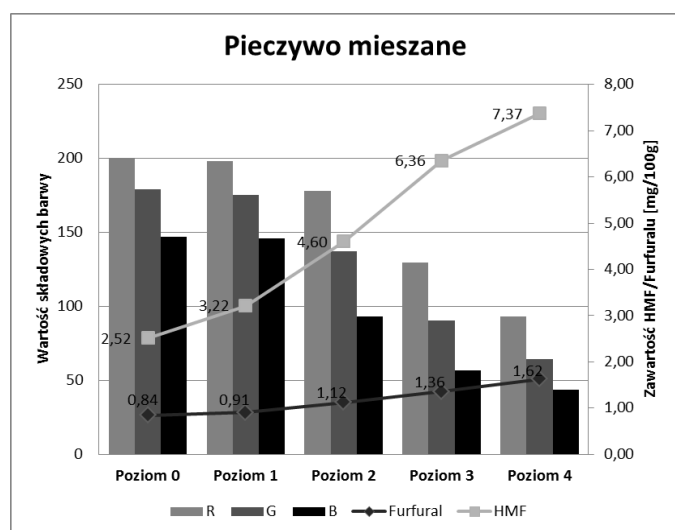
min – wartość minimalna, max – wartość maksymalna, X_{sr} – wartość średnia, s.d. – odchylenie standardowe. Wartości średnie oznaczonymi tymi samymi literami (a, b, c, d oraz w, x, y, z) w obrębie tego samego związku są istotnie różne (statystycznie) przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Analiza statystyczna wyników otrzymanych dla badanych próbek pieczywa na ogół wykazała istotne różnice ($p < 0,05$) pomiędzy zawartością oznaczanych związków na poszczególnych poziomach opiekania. Stwierdzono również istnienie statystycznie istotnych różnic ($p < 0,05$) w zawartości oznaczanych związków pomiędzy typami pieczywa.

Badane pieczywo podano analizie spektrofotokolometrycznej w celu matematycznego wyznaczeniu wartości składowych barwy w modelu RGB. Każdy pomiar wykonany był w trzech punktach z obydwu stron analizowanej próbki pieczywa, a końcowy wynik podawany był jako średnia (liczba naturalna z przedziału 0-255) dla każdej składowej barwy oddzielnie. Otrzymane wyniki przedstawiono w postaci wykresów (Rys. 3 i Rys. 4) dla każdego typu pieczywa oddzielnie.



Rys. 3. Wykres przedstawiający zależność pomiędzy wartościami poszczególnych składowych barwy a zawartością oznaczanych związków w pieczywie psennym



Rys. 4. Wykres przedstawiający zależność pomiędzy wartościami poszczególnych składowych barwy a zawartością oznaczanych związków w pieczywie mieszanym

Analiza wyników wykazała istnienie statystycznie istotnej korelacji pomiędzy zmianą wartości poszczególnych składowych barwy (intensywności barwy) a zawartością oznaczonych związków reakcji Maillarda - im ciemniejsza barwa pieczywa tym większe stężenie HMF-u i furfuralu w badanych próbkach. Badanie wykazało również istnienie statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami składowych barw (RGB) na poszczególnych poziomach opiekania - szczegółowe wyniki przedstawiono w Tab. 3. W Tab. 4 przedstawiono współczynniki korelacji

dla poszczególnych składowych barwy w relacji z zawartością hydroksymetylofurfuralu i furfuralu (niezależnie od poziomu opiekania).

Tab. 3. Wartość składowych barwy (w modelu RGB) pieczywa poddanego procesowi opiekania

Typ pieczywa / poziom opiekania		Średnia wartość składowej barwy		
		<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>
Pieczywo pszenne	<i>0</i>	216 ^a	198 ^a	168 ^a
	<i>I</i>	215 ^b	195 ^b	161 ^b
	<i>II</i>	198 ^c	158 ^c	114 ^c
	<i>III</i>	157 ^{abcd}	110 ^{abcd}	71 ^{abcd}
	<i>IV</i>	108 ^{abcd}	76 ^{abcd}	55 ^{abcd}
Pieczywo mieszane	<i>0</i>	200 ^w	179 ^w	147 ^w
	<i>I</i>	198 ^x	175 ^x	146 ^x
	<i>II</i>	178 ^y	137 ^y	93 ^y
	<i>III</i>	130 ^{wxyz}	90 ^{wxyz}	57 ^{wxyz}
	<i>IV</i>	93 ^{wxyz}	64 ^{wxyz}	43 ^{wxyz}

Wartości średnie oznaczonymi tymi samymi literami (a, b, c, d oraz w, x, y, z) są istotnie różne (statystycznie) przy poziomie istotności $p < 0,05$ – dla każdej składowej barwy niezależnie

Tab. 4. Współczynniki korelacji

Składowa barwy	Oznaczony związek / współczynnik korelacji	
	Hydroksymetylofurfural	Furfural
<i>R</i>	-0,611	-0,344
<i>G</i>	-0,651	-0,380
<i>B</i>	-0,644	-0,370

Współczynniki korelacji istotne statystycznie przy poziomie istotności $p < 0,05$

Wnioski

1. Wszystkie typy (rodzaje) pieczywa zawierały znaczące ilości oznaczonych związków, przy czym pieczywo pszenne charakteryzowało się wyższą zawartością HMF-u i furfuralu niż pieczywo mieszane.
2. Istnieją statystycznie istotne zależności pomiędzy czasem opiekania a zawartościami hydroksymetylofurfuralu i furfuralu, tj. im dłuższy czas opiekania tym stężenie HMF-u i furfuralu w próbkach pieczywa wyższe.
3. Istnieją statystycznie istotne korelacje (ujemne) pomiędzy zmianą wartości składowych barwy a zmianą zawartości oznaczanych związków.
4. Wykazano istotne zależności pomiędzy zmianą (zmniejszaniem się) wartości składowych barwy a czasem opiekania pieczywa.

Literatura

- [1] Berg JM, Tymoczko, JL, Stryer L.: Biochemia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.
- [2] Foley J. D., Dam A., Feiner S. K., Hughes J. F., Phillips R. L.: Światło achromatyczne i barwne, Wprowadzenie do grafiki komputerowej, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2001, 489-520.
- [3] Hwang I.G., Kim H.Y., Lee S.H. Woo K.S. Ban J.O., Hong J.T., Yu K.W., Lee J., Jeong H.S.: Isolation and identification of an antiproliferative substance from fructose-tyrosine Maillard reaction products, Food Chemistry, 2012, 130, 547-551.
- [4] Kowalski S., Łukasiewicz M., Duda-Chodak A., Zięć G.: 5-Hydroxymethyl-2-Furfural (HMF) – heat - induced formation, occurrence in food and biotransformation – a review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences., 2013, 63 (4), 207-225.
- [5] Kwon G.Y., Hong J.H., Kim Y.S., Lee S.M., Kim K.O.: Sensory characteristics and consumer acceptability of beef stock containing glutathione Maillard reaction product prepared at various conditions, Journal of Food Science, 2011, 76, 1, 51-57.
- [6] Mańkowski D. R., Koziorok W., Janaszek M.: Wstępne badania nad zastosowaniem cyfrowej analizy obrazu oraz analizy funkcji dyskryminacji do oceny jakości browarnej wybranych odmian jęczmienia jarego, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji roślin, 2005, 237/238, str. 51-66.
- [7] Michalska A, Zieliński H: Produkty reakcji Maillarda w żywności, Żywność, Nauka, Technologia, Jakość, 2007, 2, 5-16.
- [8] Michalska A., Amigo-Benavent M., Zieliński H., Castillo M.D.: Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread, Journal of Cereal Science, 2008, 48, 123-132.
- [9] Morales F.J., Jimenez - Perez S.: Hydroxymethylfurfural determination in infant milk-based formulas by micellar electrokinetic capillary chromatography, Food Chemistry , 2001, 77, 525-531.
- [10] Petisca C., Henriques A.R., Pérez-Palacios T., Pinho O., Ferreira I.M.P.L.V.O.: Assessment of hydroxymethylfurfural and furfural in commercial bakery products, Journal of Food Composition and Analysis, 2014, 33, 20-25.
- [11] Purlis E.: Browning development in bakery products - A review, Journal of Food Engineering, 2010, 99, 239-249.
- [12] Roux S., Courel M., Ait-Ameur L., Birlouez-Aragon I., Pain J-P.: Kinetics of Maillard reaction in model infant formula during UHT treatment using a static batch ohmic heater, Dairy Science and Technology, 2009, 89, 349-362.
- [13] Rój A., Przybłowski P.: Zartość HMF w sokach dla dzieci jako wyróżnik

bezpieczeństwa zdrowotnego i autentyczności produktu, Zeszyty Naukowe UEP, 2011, 196, 11-22.

- [14] Śliwińska A., Przybylska A., Bazylak G.: Wpływ zmian temperatury przechowywania na zawartość 5-hydroksymetylofurfuralu w odmianach i wielokwiatowych miodach pszczelich. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, XLV,3, 271-279.
- [15] Tessier F., Birlouez-Aragon I.: Health effects of dietary Maillard reaction products: the results of ICARE and other studies, *Amino Acids*, 2012, 42, 1119 - 1131.
- [16] Yu X., Zhao M., Hu J., Zeng S., Bai X.: Correspondence analysis of antioxidant activity and UV-Vis absorbance of Maillard reaction products as related to reactants, *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 46, 1-9.

WARTOŚĆ TECHNOLOGICZNA PSZENICY ORKISZ ODMIANY ROKOSZ

GRAŻYNA PODOLSKA, JADWIGA ROTHKAEHL, WOJCIECH
GÓRNIAK, SYLWIA STĘPNIEWSKA, EDYTA BOGUSZEWSKA

Streszczenie

Celem pracy było określenie właściwości przemiałowych i wypiekowych ziarna oraz cech reologicznych mąki pierwszej polskiej odmiany pszenicy orkisz Rokosz. Odmiana ta została wpisana do Krajowego Rejestru Odmian w 2012 roku, zatem w dostępnej literaturze brak jest szerokiej charakterystyki cech wartości technologicznej. Materiał do analizy laboratoryjnej pochodził z doświadczenia polowego prowadzonego przez 3 lata: 2006/2007; 2007/2008 i 2008/2009. Oznaczono cechy jakościowe ziarna i mąki zgodnie z Polskimi Normami. Stwierdzono, że ziarno odmiany Rokosz charakteryzuje się wysokim poziomem zawartości białka, ilości glutenu, wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego oraz liczby opadania, dość niskimi wartościami indeksu glutenu. Warunki pogody w okresie wegetacji miały wpływ na cechy fizyczne i chemiczne ziarna i mąki oraz cechy alweograficzne: rozciągliwości ciasta (L), współczynnik konfiguracji wykresu (P/L) oraz wskaźnik rozděcia ciasta (G) o czym świadczą istotne różnice tych cech w latach badań. Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować, że odmiana Rokosz stanowi dobry surowiec do wyrobu herbatników, drobnych ciasteczek i innego pieczywa cukierniczego. Może być też z powodzeniem stosowana do wyrobu pieczywa mieszanego sporządzonego na bazie mąki uzyskanej z ziarna pszenicy zwyczajnej.

Słowa kluczowe: cechy fizyczne i chemiczne ziarna, cechy reologiczne mąki

Wprowadzenie

Lekarze i żywieniowcy alarmują, że wiele chorób dietozależnych, jak też alergii jest związanych z nieprawidłowym odżywianiem lub nieodpowiednią jakością spożywanych pokarmów. W związku z tym poszukuje się surowców, które nadają się do produkcji zdrowej i bezpiecznej dla zdrowia żywności. Badania wskazują, że jedną z takich roślin jest pszenica *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. powszechnie znana jako orkisz lub szpelc. Ziarno orkiszu jest bogate w węglowodany, białko i aminokwasy egzogenne. Uwzględnienie w diecie człowieka produktów z pszenicy orkisz obniża poziom cholesterolu w surowicy krwi, zapobiega atakom serca i powstawaniu nadciśnienia tętniczego krwi [Ranhotra, 1996; Gąsiorowski, 2004; Zieliński i in., 2008]. W Polsce uprawia się przede wszystkim niemieckie odmiany pszenicy orkisz [Majewska i in., 2007; Mikos i Podolska, 2012].

Dzięki wysiłkom polskich hodowców w roku 2012 została wpisana do Krajowego Rejestru Odmian pierwsza polska odmiana pszenicy orkisz o nazwie Rokosz. Istnieje wobec tego potrzeba prowadzenia badań naukowych i upowszechniania informacji na temat jej wartości technologicznej. Jest to istotne ponieważ ziarno tej odmiany stanowi potencjalne źródło mąki do produkcji różnego rodzaju wyrobów piekarniczych.

Celem przedstawionych badań było określenie właściwości przemiałowych i wypiekowych ziarna oraz cech reologicznych mąki uzyskanej z ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz.

Materiał i metody badań

Materiał do badań pochodził ze ścisłego doświadczenia polowego prowadzonego w latach 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009 w ODR Szepietowo miejscowości Kolnica, gmina Augustów w województwie podlaskim. Rośliną doświadczalną była pszenica ozima odmiany Rokosz (*Triticum aestivum ssp. spelta* L.) Doświadczenie polowe założono w trzech powtórzeniach na glebie brunatnej zaliczonej do kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasa bonitacyjna – IVb o dobrej kulturze, właściwym uwilgotnieniu oraz prawidłowym stanie agrotechnicznym pola. Odczyn gleby pH 5,1. Ziarno pszenicy wysiewano po dobrych przedplonach. Przedplonem doświadczenia w roku 2006 był łubin wąskolistny, a w latach 2007 i 2008 - mieszanka strączkowo-zbożowa. Nasiona przed siewem zaprawiono zaprawą Funaben T w dawce 200 g/100 kg ziaren. Siewu pszenicy orkisz dokonano: 26.09.2006 roku, 24.09.2007 roku, 26.09.2008 roku w rzędach o rozstawie 10,8 cm. Przedsięwzięcie zastosowano nawożenie mineralne w formie superfosfatu potrójnego w dawce 70 kg·ha⁻¹ oraz sól potasową w dawce 90 kg·ha⁻¹. Pole nawożono saletrą amonową w ilości 80 kg N ha⁻¹ podzieloną w dwóch 50% dawkach: pierwszą dawkę zastosowano w ruszeniu wegetacji na wiosnę, drugą w fazie początku strzelania w źdźbło. Zbiórów ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz dokonano w okresie dojrzałości pełnej. Powierzchnia poletka wynosiła 23,4 m². Ziarno pszenicy orkisz odmiany Rokosz po zbiorze poddano ocenie laboratoryjnej w celu oznaczenia podstawowych wyróżników jakościowych charakteryzujących przydatność technologiczną ziarna oraz wartość wypiekową mąki uzyskanej w przemiale tego ziarna w warunkach laboratoryjnych. Określono: masę 1000 ziaren (MTZ) [PN-R-74017:1968], gęstość ziarna w stanie zsypanym [PN-ISO 7971-2:1998], zawartość związków mineralnych w postaci popiołu [PN-ISO 2171:1994], zawartość białka, ilość i jakość glutenu [PN-A-74041:1977; PN-EN ISO 21415-2:2008; PN-A-74042: 1993], wskaźnik sedymentacyjny Zelen'ego [PN-ISO 5529:2007] oraz liczbę opadania [PN-EN ISO 3093:2007]. W celu uzyskania mąki dokonano laboratoryjnego przemiału ziarna za pomocą młyna CD-1 firmy Chopin Technologies zgodnie z instrukcją producenta. W otrzymanych mąkach do zbadania cech reologicznych ciasta wykorzystano

alweograf firmy Chopin [PN-ISO 5530-4:2004] i farinograf firmy Brabender [PN-ISO 5530-1:1999]. Podane wyniki stanowią średnią z 16 próbek ziarna.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji. Istotność różnic między wartościami średnimi badanych cech określono testem Tukey'a dla poziomu istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki i dyskusja

Cechy fizyczne i chemiczne ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz

W niniejszej pracy oceniono wartość przemiałową ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz oraz wartość wypiekową mąki orkiszowej otrzymanej podczas przemiału w warunkach laboratoryjnych. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w Tabelach 1 - 4.

Gęstość ziarna w stanie zsywnym oraz masa tysiąca ziaren charakteryzują przydatność technologiczną ziarna [Makowska i Obuchowski, 2008]. Lata badań istotnie wpływały na tę cechę. Większą gęstością o 7,0 i 6,5 kg/hl charakteryzowało się ziarno ze zbiorów w roku 2009 i 2007 w odniesieniu do gęstości ziarna zebranego w roku 2008. Średnio z lat gęstość ziarna w stanie zsywnym pszenicy odmiany Rokosz wynosiła 73,6 kg/hl. Makowska i Obuchowski [2008] sygnalizują, że niemieckie odmiany pszenicy orkisz charakteryzują się zbliżonym ciężarem w stanie zsywnym, wynoszącym od 73,9 do 75,2 kg/hl. Marconi i in. [2002] wykazali, nieco większe zróżnicowanie odmian orkisz pod względem tej cechy uzyskując wartości od 67,4 do 76,1 kg/hl, natomiast Zieliński i in. [2008] prowadząc badania na 10 liniach pszenicy orkisz SHR Strzelce stwierdzili, że zróżnicowanie gęstości ziarna w stanie zsywnym wynosi od 58,9 do 79,3 kg/hl.

Stopień wypełnienia ziarna substancjami zapasowymi określony jako dorodność ziarna jest charakteryzowany przez MTZ. Wielkości MTZ u odmiany Rokosz były modyfikowane przez lata i zawierały się w przedziale od 37,2 do 45,7g przy średniej wartości 40,1g. Zbliżone wartości MTZ odmian pszenic orkiszowych otrzymali: Capouchová [2001]; Krawczyk i in. [2008a] oraz Sulewska i in. [2008], natomiast Marconi i in. [2002] donosi, że pszenica orkisz osiąga większe wartości MTZ wynoszące od 52 do 54 g.

Zawartość związków mineralnych w postaci popiołu w ziarnie odmiany Rokosz wynosiła średnio 1,87% s.m. (Tab. 1). Zbliżone wartości uzyskali Bonafaccia i in. [2000] udowadniając, że ich zawartość wynosiła od 1,76 do 1,85 % s.m. Krawczyk i in. [2008] badając 3 rody pszenicy orkisz i odmianę Schwabenkorn uzyskali nieco większe wartości wynoszące od 1,96 do 2,19% s.m..

Zawartość białka średnio w latach wynosiła 12,8% s.m. i wahała się od 12,0% (2007 rok) do 13,3% (2009 rok). Różnica pomiędzy skrajnymi wartościami wynosiła 1,3%. Literatura przedmiotu [Abdel-Aal i in., 1997; Bonafaccia i in., 2000; Marconi i in., 2002; Majewska i in., 2007; Sulewska i in., 2008; Zieliński i in., 2008] informuje, że zawartość białka w ziarnie pszenic orkiszowych waha się

w szerokim zakresie. Majewska i in. [2007] wykazali, że w niemieckich odmianach orkiszu zawartość białka wynosi od 8,6% do 12,4% s.m. Większą zawartość białka w pszenicy orkisz otrzymali Abdel-Aal i in. [1997] (od 13,2 do 14,2%), Bonafaccia i in. [2000] (od 15,9 do 17,1%), Marconi i in. [2002] (od 12,8 do 16,0%) oraz Sulewska i in. [2008] (od 13,95% do 14,0%). Polskie odmiany orkiszu charakteryzuje mniejsza zawartość białka od 7,5% do 11,7 % o czym informują prace Rachonia i in. [2011] oraz Zielińskiego i in. [2008].

Ilość wymytego glutenu w pszenicy odmiany Rokosz była zmienna w latach i wynosiła od 29,7% do 32,4 % przy wymywaniu mechanicznym. Największą jego ilość uzyskano z ziarna ze zbioru 2008 roku, najmniejszą zaś ze zbioru 2007 roku. Różnica między wartościami była istotna i wynosiła 3,4% przy wymywaniu mechanicznym. Literatura przedmiotu wskazuje na duże zróżnicowanie wartości tej cechy w odmianach orkiszu. Określając ilość glutenu w ziarnie niemieckich odmian (Ceralio, Schwabenkorn, Frankenkorn, Holstenkorn, Schwabenspelz, Ostro i Oberkulmer Rothkorn) Majewska i in. [2007] wykazali, że wynosiła ona od 27,3 do 45,6%. Praca Krochmal-Marczak i Sawickiej [2011] informuje o mniejszej ilości glutenu w odmianach Frankenkorn, Ceralio i Schwabenkorn wynoszącej od 23,5% do 27,5%. Badania nad polskimi rodami pszenicy orkisz prowadzili: Zieliński i in. [2008]; Krawczyk i in. [2008a]; Krawczyk i in. [2008b]. Uzyskali oni dużą zmienność wartości tej cechy, np. Zieliński i in. [2008] uzyskał wartości od 30,1 % (STH 933) do 37,25% (STH 976), Krawczyk i in. [2008a] od 26,9% do 38,8%, a Krawczyk i in. [2008b] od 32% do 41,2%. Makowska i in. [2008] uzyskali stosunkowo wysoką wydajność glutenu wynoszącą od 31% (Schweizer Altgold Zeinnars Weisser) do 37% (Oberlander).

Indeks glutenu oraz rozplywalność są cechami świadczącymi o jakości glutenu. Wyższe wartości indeksu glutenu i niższe rozplywalności charakteryzują gluten mocny. Zakres wartości liczbowych indeksu glutenu waha się od 0 do 100, a jego wartość zalecana w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej powinna być wyższa niż 40 [Gąsiorowski, 2004]. Przedstawione wyniki wskazują, że obie te cechy były silnie zróżnicowane w latach. Średnia wartość indeksu glutenu wynosiła 31,4 ze zmiennością w latach od 29,7 do 32,4 co wskazuje, że odmiana Rokosz charakteryzuje się słabą jakością glutenu. Według literatury [Marconi i in., 2002; Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b; Mikos i Podolska, 2012] wartości tej cechy są u odmian pszenicy orkisz bardzo zróżnicowane i wynoszą od 3 do 90.

Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego określa zarówno jakość, jak i ilość glutenu. Badania wykazały, że u pszenicy odmiany Rokosz wynosił średnio 30,7 cm³, ze zmiennością w latach od 20 cm³ (2007) do 37,3 cm³ (2008). Zbliżone wartości od 30 do 40 cm³ otrzymał Krawczyk i in. [2008b], jednak literatura [Bonafaccia i in., 2000; Capouchová, 2001; Majewska i in., 2007] wskazuje na zróżnicowanie odmian pod względem tej cechy. Majewska i in. [2007] wykazała, że wartości kształtują się od 12 cm³ (odmiana Ceralio), do 27 cm³ (odmiany Schwabenkorn i Schwabenspelz).

Liczba opadania jest wyróżnikiem jakościowym powszechnie stosowanym w praktyce przemysłu zbożowo-młynarskiego w Polsce i innych krajach świata. Informuje o poziomie aktywności enzymów amylolitycznych zawartych w ziarnie jak również o przydatności przechowalniczej ziarna. Prezentowane wyniki wskazują, że pszenica Rokosz charakteryzuje się wysokimi wartościami liczby opadania. Średnia wartość dla lat wynosiła 307 s, przy zmienności w latach od 265 (2007 rok) do 369 (2009 rok). Dostępna literatura [Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b; Zieliński i in., 2008; Rachoń i in., 2011] wykazuje, że polskie linie pszenicy orkisz charakteryzują się wysokimi wartościami liczby opadania (od 288 do 354s). Odmiany niemieckie charakteryzuje większa zmienność tej cechy. Majewska i in. [2007] uzyskali wartości od 215 do 315 s. Wyższe wartości uzyskali Abdel-Aal i in. [1997] od 295 do 357s oraz Marconi i in. [2002] od 310 do 430 s.

Przeprowadzona analiza zmienności wykazała, że zawartość związków mineralnych w postaci popiołu i gęstość ziarna w stanie zsylnym są najbardziej stabilnymi cechami jakościowymi, najmniej zaś rozplýwalność glutenu i indeks glutenu (Tab. 2).

Tab. 1. Cechy fizyczne i chemiczne ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz

Cecha	Rok zbioru				
	2007	2008	2009	Średnio	NIR
Gęstość ziarna w stanie zsylnym (kg/hl)	75,6	69,1	76,1	73,6	1,24
Masa tysiąca ziaren (g)	37,3	45,7	37,2	40,1	1,05
Zawartość popiołu (% s.m.)	1,86	1,87	1,86	1,87	0,047
Liczba opadania (s)	265	288	369	307	10,79
Zawartość azotu N (% s.m.)	2,09	2,29	2,32	2,23	0,141
Zawartość białka (Nx5,7)(% s.m.)	12,00	13,2	13,3	12,8	0,952
Ilość glutenu mokrego (%) (system ręczny)	25,1	31,6	30,6	29,1	2,88
Ilość glutenu mokrego (%) (system glutomatic)	29,7	32,4	32,0	31,4	2,47
Indeks glutenu	24,9	49,2	37,3	37,1	6,79
Rozplýwalność glutenu (mm)	4,50	8,50	6,25	6,42	1,23
Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (cm ³)	20,0	37,3	30,7	30,7	3,65

Tab. 2. Analizy statystyczne dla cech wartości technologicznych pszenicy orkisz odmiany Rokosz (n=36)

Cecha	Odchylenie standardowe	CV
Gęstość ziarna w stanie zsywnym (kg/hl)	3,50	4,76
Masa tysiąca ziaren (g)	4,13	10,30
Zawartość popiołu (% s.m.)	0,44	2,37
Liczba opadania (s)	47,01	15,29
Zawartość azotu N (% s.m.)	0,23	10,29
Zawartość białka (Nx5,7)(% s.m.)	1,29	10,20
Ilość glutenu mokrego (%) (system ręczny)	5,36	18,44
Ilość glutenu mokrego (%) (system glutomatic)	4,01	12,78
Indeks glutenu	12,52	33,71
Rozpływalność glutenu (mm)	2,21	34,42
Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (cm ³)	8,73	29,9

Celem bardziej wnikliwej oceny właściwości wypiekowych poza oznaczeniami cech fizycznych i chemicznych ziarna w badaniach oceniono cechy jakościowe mąki uzyskanej w przemiale laboratoryjnym ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz (Tab. 3).

Podając ziarno przemiałowi laboratoryjnemu otrzymano średnio z trzech lat mąkę o wyciągu około 58% i popiołowości 0,67%. Wyższy wyciąg mąki przy niższej zawartości składników mineralnych w produkcie otrzymała Makowska i in. [2008].

Jakość mąki określana jest poprzez wymagania w zakresie cech reologicznych, najczęściej alweograficznych i farinograficznych. Omawiane oznaczenia informują o przydatności surowca do produkcji pieczywa lub innych wyrobów galanterii spożywczej [Schober i in., 2006; Radomski i in., 2007]. Wyniki badań wskazują, że lata nie miały istotnego wpływu na cechy reologiczne ciasta charakteryzowane przy użyciu farinografu. Średnio wodochłonność mąki wynosiła 53,2%, a zmienność między latami była niewielka bo zaledwie 0,3%. Literatura przedmiotu wykazała, że mąki uzyskane z ziarna pszenic orkisz charakteryzują się szerokim zakresem omawianej cechy. Badania [Bonafaccia i in., 2000; Krawczyk i in., 2008a] donoszą, że polskie linie pszenic orkisz charakteryzuje wodochłonność od 56,0% do 59%. Natomiast Zieliński i in. [2008] wykazali wyższy poziom wodochłonności polskich linii orkisz wahający się od 54,8% do 62,4%. Nieznacznie niższy (od 51,5 do 56,4%) poziom wodochłonności mąk z pszenicy orkisz wykazał Marconi i in. [2002]. Wyższe wartości wodochłonności

odmian niemieckich wynoszące 58% i 57% otrzymali odpowiednio Bonafaccia i in. [2000] oraz Makowska i in. [2008].

Czas rozwoju ciasta pszenicy Rokosz wynosił 2,6 min przy zmienności w latach od 2,4 (2009) do 2,7 min (2007). Wyniki te są zbieżne z danymi literatury. Jak podaje Makowska i in. [2008] odmiany niemieckie charakteryzuje czas rozwoju ciasta od 2,3 min do 3,7 min. Marconi i in. [2002] uzyskali większe rozbieżności tej cechy wykazując, że wartości mieściły się w zakresie od 1,0 min do 3,0 min. Dużą zmienność tej cechy w polskich liniach wynoszącą od 2,0 min (STH 29) do 6,0 min (STH 8) wykazali Krawczyk i in. [2008a].

Czas stałości ciasta pszenicy Rokosz wynosił 3,1 min przy bardzo niewielkiej zmienności w latach wynoszącej od 3,0 min (2009) do 3,2 min (2007). Zbliżone wartości otrzymał Marconi i in. [2002]. Natomiast dłuższy czas stałości ciasta (od 3,3 min do 12,5 min) z mąki z pszenicy orkisz uzyskał Krawczyk i in. [2008a].

Rozmiękczenie ciasta odmiany Rokosz wynosiło 102 FU i był to parametr stabilny w latach, o czym świadczą małe wahania wartości wynoszące od 100 FU (2007) do 105 FU (2009 rok). Nieco inne wartości (od 107 FU do 142 FU) w odniesieniu do odmian niemieckich uzyskała Makowska i in. [2008]. Odmienne wyniki uzyskał Krawczyk i in. [2008a] stwierdzając, że polskie linie charakteryzują się bardzo małym rozmiękczeniem ciasta wynoszącym od 12 FU (STH 13) do 48 FU (STH 12). Natomiast Rachoń i in. [2011] wykazali, że wartości w polskich liniach wahają się od 73 FU (STH 3) do 121 FU (STH 715). Liczba jakości odmiany Rokosz wynosiła 47 mm, co wskazuje na jej mniejszą przydatność do wypieku. Podobne wartości uzyskał Rachoń i in. [2011] większe natomiast wynoszące od 90 mm (STH 8) do 173 mm (STH12) Krawczyk i in. [2008a].

Badania wykonane przy użyciu alweografu wykazały, że lata badań miały istotny wpływ na wartości trzech parametrów: rozciągliwości ciasta (L), współczynnik konfiguracji wykresu (P/L) oraz wskaźnik rozdęcia ciasta (G). Gąsiorowski [2004] wykazał, że mąki pszenne o sile wypiekowej w granicach 160-250 mogą służyć jako mąki poprawiające jakość ciasta. U odmiany Rokosz wartości tego parametru kształtowały się na niższym poziomie i wynosiła od 127 (2009 rok) do 137 (2007 rok). Krawczyk i in. [2008a] oceniając polskie linie pszenicy orkisz wykazali, że wartości tej cechy były bardzo zróżnicowane i wynosiły od 54 (STH 12) do 218 (STH 11).

Tab. 3. Cechy jakościowe mąki uzyskanej w przemiale laboratoryjnym ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz (n=36)

Cecha	Rok zbioru				
	2007	2008	2009	Średnio	NIR
Wyciąg mąki [%]	58,7	55,7	59,0	57,8	r.n.
Zawartość popiołu [% s.m.]	0,72	0,64	0,64	0,67	r.n.
Cechy farinograficzne					
Wodochłonność mąki [%]	53,3	53,2	53,0	53,2	r.n.
Czas rozwoju ciasta [min]	2,7	2,7	2,4	2,6	r.n.
Czas stałości ciasta [min]	3,2	3,1	3,0	3,1	r.n.
Rozmiękczenie ciasta [FU.]	100	100	105	102	r.n.
Liczba jakości [mm]	47	48	46	47	r.n.
Cechy alweograficzne					
W - siła wypiekowa [10E- 4 J]	137	132	127	132	r.n.
P - Sprężystość ciasta [mm]	42	43	42	42	r.n.
L - Rozciągliwość ciasta [mm]	131	114	113	119	14,78 9
P/L –Sprężystość/Rozciągliwość	0,36	0,40	0,41	0,39	0,054
G - wskaźnik rozdęcia ciasta [cm ³] G - Dough swelling index [cm ³]	25,1	23,6	23,8	24,2	1,235
Ie – Indeks elastyczności	45	46	46	45,7	r.n.
Cechy amylograficzne					
Temperatura końcowa kleikowania [°C]	81,0	84,0	83,5	82,8	r.n.
Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego [AU]	670	650	680	667	r.n.

r.n – różnica nie istotna statystycznie

Rozciągliwość ciasta odmiany Rokosz wynosiła od 113 mm (2009) do 131 mm (2007) przy średniej wartości 119 mm. Zbliżone wartości w stosunku do polskich linii pszenic orkiszowych otrzymał Krawczyk i in. [2008a]. Pszenica orkisz odmiany Rokosz wykazała niskie wartości współczynnika konfiguracji wykresu (P/L) - od 0,36 do 0,41 co jest zgodne z wynikami [Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b]. Korzystna pod względem technologicznym – w aspekcie przydatności do produkcji chleba - wartość P/L powinna mieścić się w granicach od 0,8 do 1,1. Małe wartości tego parametru wskazują na niższą jakość ciast z mąk orkiszowych do produkcji pieczywa. Krawczyk i in. [2008a] wykazali, że wskaźnik rozdęcia ciasta (G) z mąk orkiszowych wahał się od 21,9 cm³ do 25,7 cm³. Przedstawione wyniki badań są zbieżne z danymi literaturowymi. Wskaźnik rozdęcia ciasta pszenicy odmiany Rokosz wynosił 24,2 cm³.

Zbliżone wartości od 21,9 do 25,9 cm³ uzyskał Krawczyk i in. [2008a]. Przedstawione wyniki oceny cech alveograficznych polskiej odmiany pszenicy orkisz wskazują zatem na małą jej przydatność do wykorzystania do samodzielnego wypieku chleba. Jednakże może stanowić dobry surowiec do produkcji wyrobów ciastkarskich do wyrobu, których zalecane wartości P/L powinny wynosić 0,3 - 0,5 [Abramczyk i Stępniewska, 2012].

W kształtowaniu wartości wypiekowej mąki dużą rolę odgrywa układ amylazowo-skrobiowy i zdolność skrobi do kleikowania. W badaniach własnych nie stwierdzono wpływu lat badań na końcową temperaturę kleikowania. Oceniając maksymalną lepkość kleików mącznych nie wykazano różnic ze względu na zmienność lat.

Wyliczone współczynniki zmienności wskazują na niewielką zmienność cech amylograficznych oraz zawartości związków mineralnych w postaci popiołu w mące oraz wodorochłonność mąki (Tab. 4)

Tab. 4. Analizy statystyczne dla cech jakościowych mąki uzyskanej w przemyśle laboratoryjnym ziarna pszenicy orkisz odmiany Rokosz (n=36)

Cecha	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Wyciąg mąki [%]	9,56	16,54
Zawartość popiołu [% s.m.]	0,043	6,58
Cechy amylograficzne		
Temperatura końcowa kleikowania [°C]	0,59	1,00
Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego [AU]	7,21	8,69
Cechy alveograficzne		
W - siła wypiekowa [10E- 4 J]	38,03	28,82
P - Sprężystość ciasta [mm]	4,96	11,74
L - Rozciągliwość ciasta [mm]	36,22	30,34
P/L - Sprężystość /Rozciągliwość	0,141	35,86
G – wskaźnik rozdęcia ciasta [cm ³]	3,79	15,66
Ie – Indeks elastyczności	5,85	12,89
Cechy farinograficzne		
Wodorochłonność mąki [%]	1,79	3,38
Czas rozwoju ciasta [min]	1,12	43,74
Czas stałości ciasta [min]	1,38	44,39
Rozmiękczenie ciasta [FU.]	26,18	26,03
Liczba jakości [mm]	18,75	40,0

Wnioski

1. Pierwsza polska odmiana pszenicy orkisz o nazwie Rokosz charakteryzuje się wysokim poziomem zawartości białka, ilości glutenu i wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego oraz liczby opadania, ale niższymi wartościami indeksu glutenu.
2. Warunki pogody w okresie wegetacji miały wpływ na cechy fizyczne i chemiczne ziarna i mąki oraz cechy alveograficzne: rozciągliwości ciasta (L), współczynnik konfiguracji wykresu (P/L) oraz wskaźnik rozděcia ciasta (G) o czym świadczą istotne różnice tych cech w latach badań.
3. Właściwości nowej polskiej odmiany pszenicy orkiszowej Rokosz określone w przedstawionych badaniach sugerują, że odmiana ta nie powinna być samodzielnie wykorzystana do produkcji pieczywa.
4. Na podstawie przeprowadzonych badań farinograficznych i alveograficznych można wnioskować, że odmiana Rokosz pszenicy orkisz może stanowić dobry surowiec do wyrobu herbatników, drobnych ciasteczek i innego drobnego pieczywa cukierniczego.

Opracowanie wykonano w ramach zadania 3,4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Literatura

- [1] Abdel-Aal E.-S. M., Hucl P., Sosulski F. W., Bhirud P.R.: Kernel, milling and baking properties of spring-type spelt and einkorn wheats. *J. Cereal Sci.*, 1997, 26, 363-370.
- [2] Abramczyk D., Stępniewska S.: Ocena alveograficzna ziarna pszenicy a wymagania kontraktów kupno-sprzedaż. W: XXXIII Konferencja w Krynicy Morskiej – Jakość mąki – bezustanne wyzwanie dla młynarzy i piekarzy. Krynica Morska 30 maja – 2 czerwca 2012 r. Warszawa: Wydaw. IBPRS 2012, 51-55.
- [3] Bonafaccia G., Galli V., Francisci R., Mair V., Skrabanja V., Kreft I.: Characteristics of wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chem.*, 2000, 68, 437-441.
- [4] Capouchová I. Technological quality of spelt (*Triticum spelta* L.) from ecological growing system. *Sci. Agric. Bohem.*, 2001, 32, 307-322.
- [5] Gąsiorowski H.: Pszenica – chemia i technologia. PWR i L 2004.
- [6] Grela E.R.: Nutrient composition and content of antinutritional factors in spelt (*Triticum spelta* L.) cultivars. *J. Sci. Food.Agric.*, 1996, 71, 399-404.
- [7] Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K.: Porównanie właściwości reologicznych ciasta i jakości pieczywa otrzymanego z mąki orkisz i pszenicy zwyczajnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 4 (59), 141 – 151.

- [8] Krawczyk P., Ceglińska A., Kardialik J.: Porównanie wartości technologicznej ziarna orkisz z pszenicą zwyczajną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 5 (60), 43-51.
- [9] Krochmal-Marczak B., Sawicka B.: Wartość wypiekowa wybranych odmian ozimej pszenicy orkiszowej (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) uprawianych w warunkach Polski południowo-wschodniej. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 2011, 16-17.
- [10] Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Golaszewska K., Tyburski J.: Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkisz (*Triticum spelta* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 2 (51), 60 – 71.
- [11] Makowska A., Obuchowski W., Adler A., Sulewska H.: Charakterystyka wartości przemiałowej i wypiekowej wybranych odmian orkisz. *Fragm. Agronom.*, XXV, 2008, 1 (97), 228-239.
- [12] Marconi E., Carcea M., Schiavone M., Cubadda R.: Spelt (*Triticum spelta* L.) pasta quality: combined effect of flour properties and drying conditions. *Cereal Chem.*, 2002, 79, 634-639.
- [13] Mikos M., Podolska G.: Bread-making quality of old common bread (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* l.) and spelt (*triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) wheat cultivars. *Food. J Agr & Env.* 2012. 10 9384):221-224.
- [14] PN-ISO 7971-2:1998 Ziarno zbóż - Oznaczanie gęstości w stanie zsypanym, zwanej „masą hektolitra” - Metoda rutynowa.
- [15] PN-R-74017:1968 Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne – Oznaczanie masy 1000 ziarn.
- [16] PN-ISO 2171:1994 Ziarno zbóż i przetwory zbożowe - Oznaczanie popiołu całkowitego.
- [17] PN-EN ISO 3093:2007 Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina - Oznaczanie liczby opadania metoda Hagberga-Pertena.
- [18] PN-A-74041:1977 Ziarno zbóż i przetwory zbożowe - Oznaczanie ilości i jakości glutenu.
- [19] PN-EN ISO 21415-2:2008 Pszenica i mąka pszenna - Ilość glutenu Część 2: Oznaczanie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych.
- [20] PN-A-74042:1993 Ziarno zbóż i przetwory zbożowe – Oznaczanie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych, - w zakresie oznaczania Indeksu Glutenu.
- [21] PN-ISO 5529:1998 Pszenica - Oznaczanie wskaźnika sedymentacyjnego - Test Zeleny’ego.
- [22] PN-ISO 7973:2001 Ziarno zbóż i przetwory zbożowe - Oznaczanie lepkości mąki - Metoda z zastosowaniem amylografu.
- [23] PN-ISO 5530-4:2004 Mąka pszenna - Fizyczne właściwości ciasta – Oznaczanie właściwości reologicznych za pomocą alweografu.

- [24] PN-ISO 5530-1:1999 Mąka pszenna - Fizyczne właściwości ciasta - Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu.
- [25] Rachoń L., Szumiło G., Stankowski S.: Porównanie wybranych wskaźników wartości technologicznej pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) twardej (*Triticum durum*) i orkiszowej (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*). *Fragm. Agron.* 2011, 28 (4):52-59.
- [26] Radomski G., Bać A., Mierzejewska S.: Ocena porównawcza wartości wypiekowej maki pszennej i orkiszowej. *Inż. Rol.* 2007, 5(93), 369-374;
- [27] Ranhotra G. S., Gelroth J. A., Glaser B. K. Stallknecht G.F.: Nutritional profile of three spelt wheat cultivars grown at five different locations. *Cereal Chemistry*, 1996, 73, 533-535.
- [28] Schober T.J., Bean S.R., Kuhn M.: Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) cultivars: A rheological and size-exclusion high performance liquid chromatography study. *Journal of Cereal Science*, 2006, 44, 161-173.
- [29] Sulewska H., Kozłara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., Morozowska M.: Skład chemiczny ziarna oraz plon białka odmian ozimych orkisz pszennej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, 53 (4), 92-95.
- [30] Zieliński H., Ceglińska A., Michalska A.: Bioactive compounds in spelt bread. *European Food Research and Technology*. 2008, 226, 537-544.

OCENA FRAKCJI LOTNEJ W OLEJU LNIANYM PODDANYM PRZECHOWYWANIU

MARIA SIELICKA, DOROTA KLENSPORF-PAWLIK

Streszczenie

W pracy podjęto próbę określenia wpływu warunków przechowywania oleju lnianego tłoczonego na zimno na profil związków lotnych oraz jego właściwości chemiczne. Materiałem do badań był olej lniany tłoczony na zimno pochodzący z rejonu Wielkopolski. Próbkę przechowywano w warunkach praktycznego składowania (temperatura pokojowa oraz chłodnicza). Ponadto, zastosowano dodatek ekstraktu z rozmarynu w celu oceny wpływu składników wyciągu na zasięg zmian oksydacyjnych w badanych układach doświadczalnych. Oznaczano profil związków lotnych, liczbę nadtlenkową, anizydynową, kwasową oraz wyliczano wskaźnik oksydacji TOTOX.

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia zmiany wyróżników chemicznych, jak i profilu związków lotnych nie pozwalają na wnioskowanie o zróżnicowaniu próbek oleju lnianego pod względem zasięgu przemian oksydacyjnych.

Słowa kluczowe: olej lniany, związki lotne, SPME, zmiany oksydacyjne

Wprowadzenie

W wyniku procesów zachodzących podczas przechowywania, w żywności podatnej na utlenianie, m.in. olejach i tłuszczach, powstają pierwotne produkty oksydacji, w tym nadtlenki oraz wodoronadtlenki. Na skutek ich rozpadu dochodzi do utworzenia, z jednej strony nowych rodników, które włączają się do łańcucha autooksydacji, a z drugiej - szerokiej gamy związków lotnych, takich jak aldehydy, ketony, alkohole, estry, kwasy, laktony, furany i węglowodory, które istotnie wpływają na smak i zapach tłuszczów [Min i Boff, 2002].

Z punktu widzenia cech organoleptycznych, największe znaczenie wykazują aldehydy i ketony powstające na skutek utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych (C18:1, C18:2, C18:3). Większość z nich charakteryzuje się niskim progiem wyczuwalności (np. 0,00045 ppm dla 1,5-cis oktadien-3-onu). Wzajemne proporcje oraz rodzaje powstałych związków lotnych uwarunkowane są składem kwasów tłuszczowych wyjściowego produktu oraz mechanizmem, według którego przebiega utlenianie [Frankel, 1985; Frankel, 2005; Belitz i in., 2009].

Olej lniany jest olejem bogatym w kwas α -linolenowy, szczególnie podatny na procesy oksydacyjne, co istotnie determinuje profil związków lotnych i w efekcie cechy organoleptyczne oleju. Krist i współautorzy [2006] zidentyfikowali 54 różne

związki lotne w oleju lnianym pochodzącym z Austrii i Niemiec. Wśród nich w najwyższym stężeniu występował: kwas octowy, heksanol, trans, trans-2,4-heptadienal, limonen, trans, trans-3,5-oktadien-2-on. Z kolei w badaniach Mińkowskiego i współautorów [2012] w oleju wysokolinolenowym dominował trans,trans-2,4-dekadial, a poza tym głównymi związkami były: heksanal, 1-penten-3-ol i 1-octen-3-ol. W oleju niskolinolenowym dominował heksanal, a wśród innych związków wymienić można: 1-octen-3-ol, nonanal i trans, trans-2,4-dekadial. Zawartość poszczególnych związków lotnych była uwarunkowana odmianą, pochodzeniem, warunkami uprawy nasion lnu i metodą ekstrakcji oleju [Krist i in., 2006; Mińkowski i in., 2012].

Z uwagi na fakt, że cechy organoleptyczne stanowią jedną z najważniejszych determinant wyboru produktu żywnościowego przez polskich konsumentów [Wądołowska, Babicz-Zielińska i Czarnocińska 2008], kluczowe jest stosowanie metod pozwalających monitorować zmiany zachodzące w produktach spożywczych. W opinii Frankela [1993] najskuteczniejszą metodą określania stabilności oksydacyjnej, jak i okresu trwałości produktów jest analiza sensoryczna, a za nią kolejno: analiza związków lotnych > oznaczanie liczby nadtlencowej > oznaczanie TBARS > oznaczanie potencjału antyoksydacyjnego w układzie β -karoten/kwas linolowy > test Rancimat.

Alternatywnie do metod analizy sensorycznej stosuje się metody instrumentalne. Chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas lub olfaktometrią wskazywana jest jako podstawowe narzędzie analizy składu frakcji lotnej olejów i tłuszczów, a jedną z podstawowych technik przygotowania próbek do analizy chromatograficznej związków lotnych jest technika mikroekstrakcji do fazy stacjonarnej (SPME), opracowana na początku lat 90. XX w. [Arthur i Pawliszyn, 1990]. Technika ta wykorzystuje zjawisko sorpcji analitów na włóknie z krzemionki pokrytym warstwą polimeru, a następnie ich desorpcji w gorącym dozowniku chromatografu gazowego. Metoda ta z powodzeniem stosowana była do szybkiego rozróżniania olejów roślinnych, określanie ich czystości lub zafałszowania innymi olejami, a także śledzenia zmian zachodzących w trakcie przechowywania olejów [Jeleń i in., 2000; Mildner-Szkudlarz i in., 2003; Jeleń i in., 2007; Gromadzka i Wardenecki, 2008]. Połączenie mikroekstrakcji z fazy nadpowierzchniowej do fazy stacjonarnej (HS-SPME) i chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC/FID) zastosowano do wykrywania wczesnych zmian oksydacyjnych oleju lnianego otrzymanego z odmiany wysokolinolenowej [Mińkowski i in., 2012]. W badaniach stosowano warunki przyspieszonego starzenia, próbki oleju termostatowano w temperaturze 60°C.

Z uwagi na wysoką zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju lnianym, charakteryzuje się on niską trwałością, co w efekcie wymusza poszukiwanie substancji o właściwościach przeciwutleniających, by zapewnić odpowiednią jakość produktu przez dłuższy okres przechowywania. Wśród substancji o potwierdzonych wysokich właściwościach antyoksydacyjnych

wyróżnić można ekstrakt z rozmarynu [Samotyja i Małecka, 2007; Erkan i in., 2008; Sielicka i Małecka, 2013]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia zmieniającym rozporządzenie w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych [Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2011 r.], ekstrakt z rozmarynu może być stosowany w olejach roślinnych w ilości 30 mg/kg tłuszczu, wyrażonej jako suma karnozolu i kwasu karnozowego.

Celem prezentowanej pracy była ocena wpływu warunków przechowywania oleju lnianego na profil związków lotnych oraz wyróżniki chemiczne.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowił olej lniany tłoczony na zimno o oznaczonym składzie kwasów tłuszczowych: 6,1% kwas palmitynowy, 3,6% kwas stearynowy, 18,5% kwas oleinowy, 17,6% kwas linolowy, 54,0% α -kwas linolenowy. Olej bezpośrednio po wyprodukowaniu dostarczano do badań. Według producenta termin przydatności do spożycia olejów lnianych wynosił 3 miesiące od daty produkcji.

W badaniach wykorzystano dodatek ekstraktu z rozmarynu w ilości 0,05% w stosunku do masy olejów, co w przeliczeniu na sumę karnozolu i kwasu karnozowego wynosiło średnio 26 mg/kg. Zastosowano płynny ekstrakt z rozmarynu HERBOR 025 w mieszaninie średniołańcuchowych triacylogliceroli (C8-C10). Deklarowana przez producenta zawartość substancji aktywnych wynosiła 5-5,5% w przeliczeniu na zawartość karnozolu i kwasu karnozowego.

Próbki oleju lnianego i oleju lnianego z dodatkiem ekstraktu z rozmarynu przechowywano w warunkach półki sklepowej oraz warunkach chłodniczych. Warunki półki sklepowej obejmowały przechowywanie próbek przez 12 tygodni na półce w laboratorium symulując warunki, działania których poddany jest produkt podczas ekspozycji na półce sklepowej. Temperatura przechowywania wynosiła $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Próbki znajdowały się w szczelnie zamkniętych jednakowych butelkach o pojemności 150 cm^3 wykonanych z ciemnego szkła, zamkniętych nakrętką z tworzywa sztucznego.

W drugim wariancie przechowywania próbki składowano w warunkach chłodniczych w temperaturze $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ przez 20 tygodni. Próbki znajdowały się w jednakowych butelkach o pojemności 1000 cm^3 wykonanych z ciemnego szkła, zamkniętych nakrętką z tworzywa sztucznego. Typowe warunki konsumenckiego użytkowania osiągnięto wyjmując co 3-4 dni butelki z lodówki, utrzymując je przez 15 minut w temperaturze pokojowej i wylewając 5 cm^3 .

Stosunek objętości oleju do objętości powietrza nad olejem był w obu warunkach przechowywania jednakowy w momencie rozpoczęcia eksperymentu.

Tab. 1. Badane układy doświadczalne

Próbka	Warunki i okres przechowywania	Symbol
Olej lniany	świeży	L 0T
	po 12 tygodniach przechowywania w warunkach półki sklepowej (25°C)	L 12T 25°C
	po 20 tygodniach przechowywania w warunkach konsumenckiego użytkowania (5°C)	L 20T 5°C
Olej lniany z 0,05% dodatkiem ekstraktu z rozmarynu	świeży	+ER 0T
	po 12 tygodniach przechowywania w warunkach półki sklepowej (25°C)	+ER 12T 25°C
	po 20 tygodniach przechowywania w warunkach konsumenckiego użytkowania (5°C)	+ER 20T 5°C

Długość okresu przechowywania została ustalona doświadczalnie. Na początku i na końcu eksperymentu w próbkach olejów oznaczono profil związków lotnych oraz parametry chemiczne świadczące o zmianach oksydacyjnych i hydrolitycznych olejów. Oznaczenia wykonywano w 2 równoległych próbkach po trzy powtórzenia.

Wskaźniki chemiczne oznaczono następującymi metodami: liczbę nadtlenkową metodą jodometryczną wg PN-ISO 3960:1996 z modyfikacją zaproponowaną przez Samotyję i Jurę [2012], polegającą na 10-krotnym zmniejszeniu objętości wszystkich dodawanych substancji w porównaniu z zalecanymi przez normę, liczbę anizydynową metodą spektrofotometrycznego pomiaru absorbancji kompleksu barwnego powstałego po reakcji aldehydów obecnych w próbce z p-anizydyną wg PN-EN ISO 6885:2008. Obliczono wskaźnik oksydacji Totox. Liczbę kwasową oznaczono metodą miareczkową zgodnie z normą PN-EN ISO 660:2005.

Analizę składu kwasów tłuszczowych oleju tłoczonego na zimno wykonano według metody opisanej przez Wąsowicza i Kamińskiego [1984]. Rozdział estrów metylowych kwasów tłuszczowych prowadzono na chromatografie gazowym HP 5890 Series II firmy Hewlett-Packard wyposażonym w detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID) i polarną kolumnę Supelcowax-10 (30m x 0,25mm x 0,25µm). Jako gaz nośny stosowano hel. Identyfikacji kwasów tłuszczowych dokonano na podstawie wyznaczenia czasów retencji dla standardowej mieszaniny estrów metylowych kwasów tłuszczowych (47885-U Supelco 37 Component FAME Mix). Udział poszczególnych kwasów tłuszczowych określono stosując metodę normalizacji wewnętrznej.

W celu izolacji związków lotnych za pomocą techniki SPME z oleju lnianego pobrano 10 cm³ produktu do fiolki o pojemności 20 cm³. Naczynie szczelnie

kapslowano i wstawiono do termostatu o temperaturze 50°C. Po czasie 10 min przez membranę silikonowo-teflonową wprowadzono do fiolki igłę SPME z włóknem DVB/CAR/PDMS (diwinylobenzen/carboxen/ polidimetylosiloksan; długość 2 cm). Adsorpcja związków lotnych trwała 30 minut, a desorpcja w komorze nastrzykowej chromatografu gazowego 5 minut.

Rozdział związków lotnych izolowanych techniką HS-SPME wykonano na chromatografie gazowym Agilent Technologies GC 7890A sprzężonym z kwadrupolowym spektrometrem masowym Agilent Technologies MS 5975C VL MSD (Triple-Axis Detector). Chromatograf wyposażony był w kolumnę kapilarną DB-5 MS (25 m x 0,2 mm x 0,33 µm). Jako gaz nośny w analizie zastosowano hel (0,8 ml/min). Parametry analizy były następujące: temperatura pieca 35°C (1 min), wzrost temperatury o 3°C/min do 80°C (1 min), następnie 25°C/min do 260°C (10 min). Temperatura portu nastrzykowego wynosiła 260°C, a temperatura interfejsu GC/MS 280°C. Warunki pracy spektrometru mas: energia jonizacji 70eV, tryb zbierania danych całkowity prąd jonowy (TIC), szybkość skanowania 10 scan/s, zakres zbierania danych 33–350 [m/z].

Identyfikacji związków lotnych izolowanych z oleju lnianego dokonano z wykorzystaniem biblioteki widm masowych NIST 05 (The National Institute of Standards and Technology Library, Gaithersburg, MD, USA). Do oceny zmian profilu i zawartości związków lotnych w badanych próbkach wykorzystano średnie wartości pól powierzchni pików.

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy użyciu programu STATISTICA 10 oraz IBM SPSS Statistics 21. Wyznaczono podstawowe statystyki opisowe, przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Dla zweryfikowania istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano test Tukey'a. W przeprowadzonej analizie danych za poziom istotności przyjęto $\alpha=0,05$.

Wyniki i dyskusja

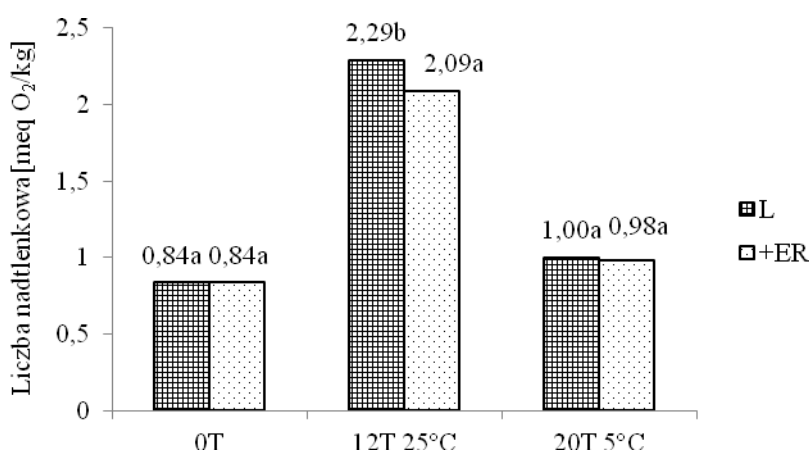
Na początku eksperymentu badany olej lniany charakteryzował się ogólną dobrą jakością, zarówno w zakresie liczby nadtlenkowej, jak i liczby kwasowej spełniał wymagania podane w Kodeksie Żywnościowym [Codex Standard 19-1981 2013].

Przeprowadzone badania w warunkach półki sklepowej wykazały, że zawartość pierwotnych produktów utleniania we wszystkich próbkach wzrosła w trakcie przechowywania (Rys. 1). Po 12 tygodniach przechowywania w temperaturze pokojowej zawartość nadtlenków w próbce kontrolnej wyniosła $2,29 \pm 0,01$ meq O₂/kg oleju, a w próbce z dodatkiem ekstraktu z rozmarynu $2,09 \pm 0,00$ meq O₂/kg oleju.

W badaniach prowadzonych w warunkach chłodniczych stwierdzono, że zawartość pierwotnych produktów utleniania we wszystkich próbkach uległa istotnie statystycznemu wzrostowi, jednakże po 20 tygodniach przechowywania

osiągnięta zawartość nadtlenków była dwukrotnie niższa niż w przypadku próbek przechowywanych przez 12 tygodni w warunkach temperatury pokojowej .

Oznaczone zawartości pierwotnych produktów oksydacji dla wszystkich próbek w obydwu warunkach przechowywania kształtowały się na niskim poziomie przez cały okres przechowywania i nie przekroczyły dopuszczalnej wartości 15 meq O₂/kg oleju zgodnie ze standardem 19-1981 Kodeksu Żywnościowego [Codex Standard 19-1981 2013]. W przypadku przechowywania w temperaturze 5°C dodatek ekstraktu z rozmarynu nie wpłynął istotnie statystycznie na oznaczoną zawartość nadtlenków w porównaniu z próbką oleju lnianego bez dodatku przeciwutleniaczy.

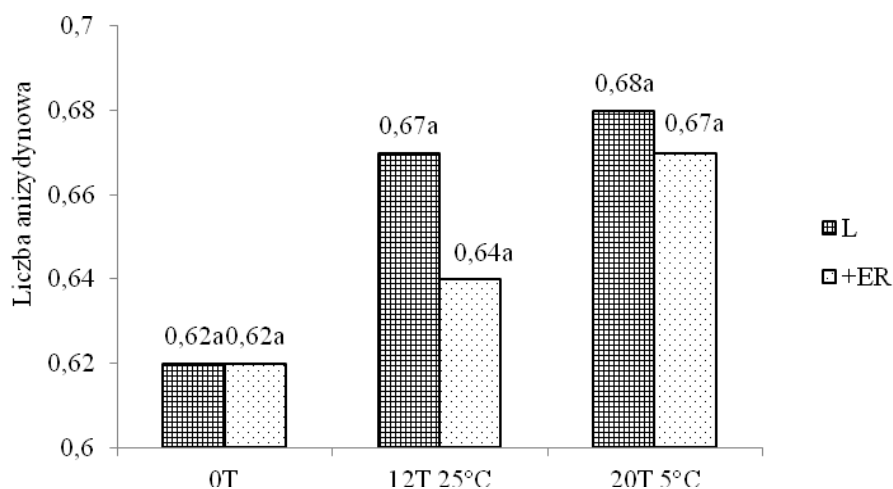


Rys. 1. Zawartość pierwotnych produktów utleniania w próbach oleju lnianego z i bez dodatku ekstraktu z rozmarynu w trakcie przechowywania w temperaturze pokojowej (25°C) i chłodniczej (5°C)

a, b – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie w obrębie danego momentu pomiarowego ($p < 0,05$)

*objaśnienia symboli w tabeli 1

Niewielkie zmiany zawartości pierwotnych produktów utleniania spowodowały praktycznie niezmienną zawartość wtórnych produktów utleniania podczas przechowywania w temperaturze 25°C oraz 5°C (Rys. 2). Liczba anizydynowa próbek kształtowała się na niskim poziomie 0,62-0,68. Dodatek ekstraktu z rozmarynu nie wpłynął istotnie na oznaczoną zawartość związków karbonylowych w porównaniu z próbką oleju lnianego bez dodatku na koniec obydwu warunków przechowywania.

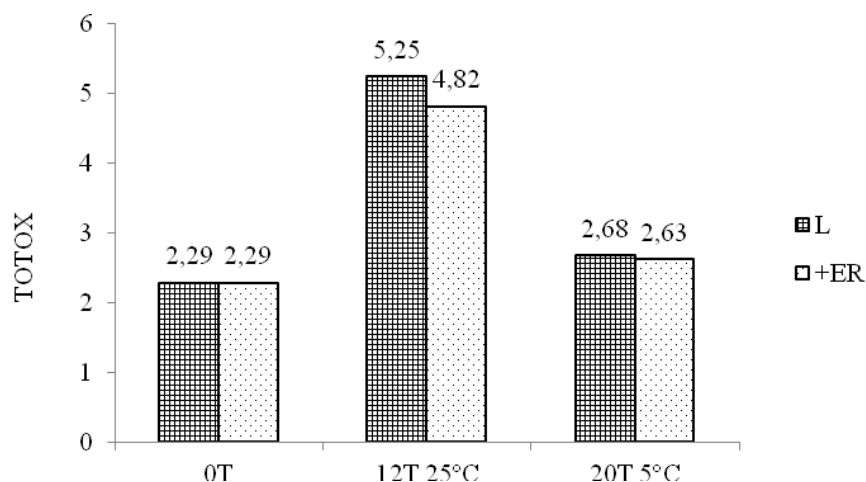


Rys. 2. Zawartość wtórnych produktów utleniania w próbach oleju lnianego z i bez dodatku ekstraktu z rozmarynu w trakcie przechowywania w temperaturze pokojowej (25°C) i chłodniczej (5°C)

a, b – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie w obrębie danego momentu pomiarowego ($p < 0,05$)

*objaśnienia symboli w tabeli 1

Na podstawie otrzymanych wartości liczby nadtlencowej i p-anizydynowej wyliczono wskaźnik TOTOX ($2 \cdot \text{LOO} + \text{LA}$), który jest miarą oksydacji oleju (Rys. 3). Początkowa wartość kształtowała się na niskim poziomie 2,29. Wartości wskaźnika nieznacznie wzrastały w trakcie przechowywania we wszystkich olejach. W trakcie prowadzenia eksperymentu w warunkach temperatury pokojowej zaobserwowano podwojenie wartości początkowej wskaźnika TOTOX, który jednak nie przekroczył poziomu 5,3 w żadnej z próbek po 12 tygodniach inkubacji. Natomiast po 20 tygodniach składowania w temperaturze 5°C wskaźnik TOTOX próbki kontrolnej oraz próbki z dodatkiem ER wyniósł odpowiednio 2,68 i 2,63. Intensywność zmian oksydacyjnych próbek przechowywanych w warunkach chłodniczych była istotnie niższa w próbkach przechowywanych w warunkach temperatury pokojowej. Biorąc pod uwagę wartość wskaźnika TOTOX na poziomie 10 jako graniczny poziom wyznaczający akceptowalną jakość olejów jadalnych [Wroniak i in., 2006] badane próbki wykazały dobrą jakość pod względem wyróżników chemicznych podczas przechowywania w zastosowanych warunkach.



Rys. 3. Wskaźnik TOTOX w próbach oleju lnianego z i bez dodatku ekstraktu z rozmarynu w trakcie przechowywania w temperaturze pokojowej (25°C) i chłodniczej (5°C)

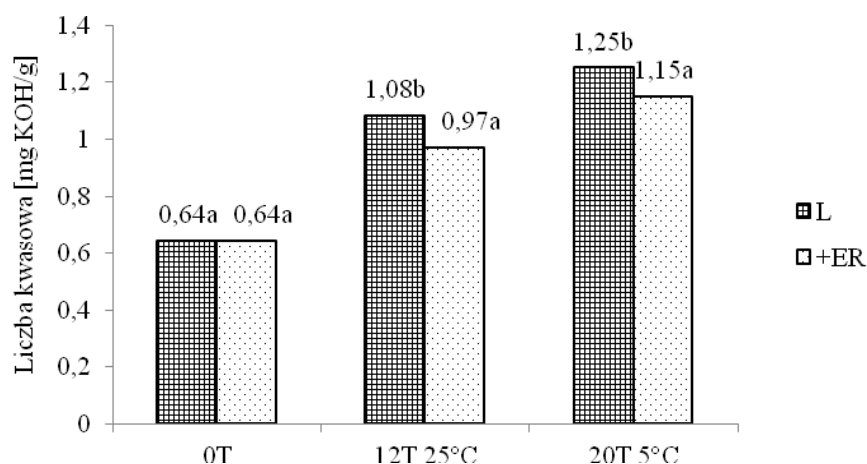
*objaśnienia symboli w Tab. 1

Obecność wolnych kwasów tłuszczowych stanowi istotny wskaźnik jęczenia produktów spożywczych [Frega i in., 1999]. W przeprowadzonych badaniach przechowalniczych zaobserwowano niskie tempo zmian i niewielki wzrost zawartości wolnych kwasów tłuszczowych (Rys. 4). Na koniec okresu przechowywania próbka kontrolna osiągnęła istotnie wyższą zawartość wolnych kwasów tłuszczowych niż próbka oleju lnianego z dodatkiem 0,05% ekstraktu z rozmarynu i wyniosła $1,08 \pm 0,00$ mg KOH/g oleju w warunkach półki sklepowej (25°C) oraz $1,25 \pm 0,01$ mg KOH/g oleju w warunkach chłodniczych (5°C). Wartości liczby kwasowej próbek nie przekroczył dopuszczalnej zawartości 4,0 mg KOH/g oleju [Codex Standard 19-1981 2013].

W celu określenia profilu związków lotnych oleju lnianego świeżego, jak i związków powstających w efekcie zmian oksydacyjnych, poddano analizom próbki oleju świeżego oraz przechowywanego w różnych warunkach. Porównując analizowane próbki stwierdzono, iż ilość związków lotnych (określana na podstawie średnich pól powierzchni pików) w czasie przechowywania zmieniała się. Dodatkowo pojawiały się nowe, nieobecne w próbkach świeżych związki

W analizowanych próbkach stwierdzono obecność związków lotnych pochodzących z rozpadu kwasu α -linolenowego (m.in. 1-penten-3-ol, 3,5-octadien-2-on) oraz kwasu linolowego (m.in. heksanal, 2-heksenal). Zarówno kwas linolowy, jak i linolenowy są dominującymi kwasami obecnymi w analizowanym oleju. Wraz z kwasem oleinowym stanowią ponad 90% sumy kwasów tłuszczowych oleju lnianego. Obecność wtórnych produktów utleniania w próbkach oleju świeżego może być spowodowana w głównej mierze stosowaną

metodą ekstrakcji oleju, to jest metodą tłoczenia na zimno, w której zarówno pierwotne, jak i wtórne produkty oksydacji nie są usuwane z pozyskiwanego oleju. Ponadto poza wtórnymi produktami utleniania w próbkach olejów świeżych i przechowywanych w różnych wariantach zidentyfikowano obecność α -pinenu, D-limonenu oraz karenu.



Rys. 4. Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w próbkach oleju lnianego z i bez dodatku ekstraktu z rozmarynu w trakcie przechowywania w temperaturze pokojowej (25°C) i chłodniczej (5°C)

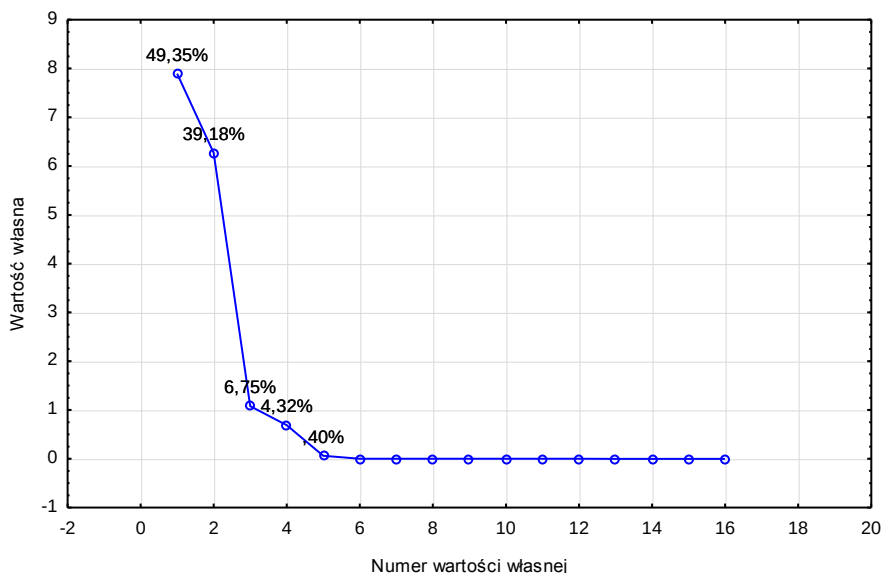
a, b – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie w obrębie danego momentu pomiarowego ($p < 0,05$)

*objaśnienia symboli w tabeli 1

Oznaczone w próbkach związki lotne są charakterystycznymi związkami lotnymi oleju lnianego [Mildner-Szkudlarz i in., 2003; Krist i in., 2006; Juita i in., 2012; Mińkowski i in., 2012]. Do dalszych analiz wybrano 16 związków lotnych: 1-penten-3-ol (o masłowym, łagodnym, świeżo ściętej trawy zapachu), 2-methyl-1-butanol (o zapachu oleju fuzlowego, whiskey), 1-pentanol (o silnym, słodkim, balsamicznym zapachu), heksanal (o owocowym, trawiastym zapachu), 2-heksenal (o słodkim, migdałowym, owocowym, liściastym zapachu), 1-heksanol (o ziołowo, drewnianym zapachu), 2-heptanol (o ziemistym, tłustym zapachu), α -pinen (o ostrym, piniowym zapachu), 1-octen-3-ol (o ziołowym, ziemistym zapachu), 3-karen (o słodkim, penetrującym zapachu), D-limonen (o łagodnym, słodkim, cytrynowo-pomarańczowym zapachu), nonanal (o kwiatowym, różanym, cytrusowym, woskowym zapachu).

Wyniki przeprowadzonej analizy interpretowano przy wykorzystaniu analizy czynnikowej, przeprowadzonej metodą wyodrębniania głównych składowych (PCA). Przy określeniu liczby składowych głównych posłużono się kryterium Kaisera, zgodnie z którym wyodrębnia się tylko te czynniki, których wartości własne (wariancje wyjaśnione przez dany czynnik) są większe od 1, co oznacza

że wyjaśniają co najmniej taką zmienność, ile jedna zmienna. Ponadto, wykreślono wykres osypiska (Rys. 5) przedstawiający wartości własne dla poszczególnych składowych w analizie czynnikowej. Zgodnie z metodą Cattella należy znaleźć miejsce, od którego na prawo występuje łagodny spadek wartości własnych.



Rys. 5. Wykres osypiska

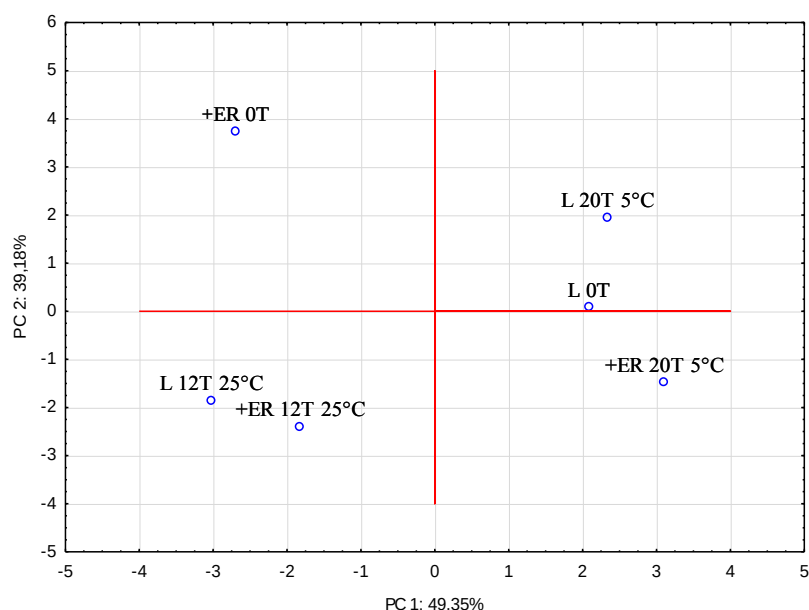
Zastosowanie powyższych reguł pozwoliło wyodrębnić trzy główne składowe (PC1, PC2, PC3), które wyjaśniały 95,29% zmienności (Tab. 2). Przy interpretacji składowych głównych pomocne są ładunki czynnikowe, które wyrażają korelację danej zmiennej pierwotnej z wyodrębnionym czynnikiem (główną składową). Pierwsza i druga składowa są wysoko skorelowane z największą ilością zmiennych i wyjaśniają największą część zmienności (odpowiednio 49,4% i 39,2%). Z kolei trzecia składowa wyjaśnia dużo mniejszą część zmienności (6,8%).

Przeprowadzona analiza głównych składowych pozwoliła w wybranych przypadkach zróżnicować badane próbki ze względu na obecność ekstraktu rozmarynu, jak i czas oraz warunki przechowywania (Rys. 6). Próbka świeża oleju lnianego bez dodatku (L 0T) i próbka świeża oleju lnianego z dodatkiem ekstraktu z rozmarynu (+ER 0T) są położone daleko od siebie na płaszczyźnie głównych składowych, co świadczy o ich zróżnicowaniu. Z kolei próbki bez i z dodatkiem ekstraktu po 12 tygodniach przechowywania w temperaturze pokojowej (L 12T 25°C oraz +ER 12T 25°C) wykazały zbliżone względem siebie położenie na osi głównych składowych. Oznacza to, że ocena zawartości 16 wybranych analizowanych związków lotnych nie pozwala na zróżnicowanie próbek bez i z dodatkiem przeciwutleniacza pod względem ich właściwości zapachowych po danym okresie przechowywania. Może to wynikać ze zbyt krótkiego okresu

przechowywania i zastosowanej stosunkowo niskiej temperatury, by przemiany oksydacyjne tłuszczów skutkowały nagromadzeniem dużej ilości związków lotnych (również nie zaobserwowano istotnego wzrostu liczby anizydynowej). Badania Chmielewskiego i in. [2007], wykorzystujące elektroniczny nos z analizą danych PCA, pozwoliły wykazać widoczne różnice między próbkami olejów świeżych i poddanych obróbce termicznej, jednakże zastosowano intensywne warunki ogrzewania próbek (20 godzin w 200°C).

Tab. 2. Współczynnik korelacji między poszczególnymi związkami lotnymi oleju lnianego a wyodrębnionymi głównymi składowymi

Zmienna	Ładunek czynnika 1	Ładunek czynnika 2	Ładunek czynnika 3
2-butanol	0,962	0,125	0,177
1-penten-3-ol	0,019	-0,823	0,386
3-methyl-1-butanol	0,976	-0,073	-0,172
2-methyl-1-butanol	0,941	0,329	-0,020
1-pentanol	-0,532	-0,822	0,107
heksanal	-0,285	-0,922	0,250
2-heksenal	-0,812	0,562	0,097
1-heksanol	-0,682	0,631	0,317
2-heptanol	-0,924	-0,368	-0,105
α -pinen	-0,421	-0,843	-0,307
2-heptenal	0,506	-0,377	0,534
1-octen-3-ol	-0,642	0,738	0,183
3-karen	-0,080	0,908	-0,277
D-limonen	-0,531	-0,781	-0,319
3,5-octadien-2-on	-0,988	0,122	-0,091
nonanal	-0,826	0,491	0,275
wartość własna	7,896	6,270	1,080
% ogółu wyjaśnionej wariancji	49,35	39,18	6,75
% skumulowany ogółu wyjaśnionej wariancji	49,35	88,53	95,29



Rys. 6. Rzut próbek oleju lnianego z i bez dodatku ekstraktu z rozmarynu (świeżych i po przechowywaniu) na płaszczyznę głównych składowych, wyodrębnionych na podstawie wyników analizy związków lotnych metodą SPME-GC/MS

*objaśnienia symboli w Tab. 1

Biorąc pod uwagę warunki przechowywania próbki oleju lnianego zauważyć można, że próbka świeżego oleju lnianego i próbka oleju po 20 tygodniach przechowywania w temperaturze chłodniczej wykazały zbliżone względem siebie położenie na osi głównych składowych. Natomiast próbka po 12 tygodniach przechowywania w temperaturze pokojowej była położona daleko od pozostałych na płaszczyźnie głównych składowych. Podobnie w przypadku wskaźnika TOTOX zauważyć można, że wskaźnik osiągnął wyższe wartości w przypadku oleju przechowywanego w warunkach temperatury pokojowej niż w temperaturze chłodniczej, co może świadczyć o intensywniejszym zasięgu zmian oksydacyjnych oleju składowanego w wyższej temperaturze.

Wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że zarówno analiza profilu związków lotnych, jak i wyróżników chemicznych nie jest wystarczająca do jednoznacznej oceny wpływu zastosowanych warunków przechowywania na właściwości oleju lnianego.
2. W próbkach olejów lnianych przechowywanych w warunkach półki sklepowej oraz w warunkach chłodniczych przez okres odpowiednio 12 oraz 20 tygodni nie stwierdzono intensywnego przebiegu zmian oksydacyjnych mierzonych

zawartością pierwotnych i wtórnych produktów utleniania. W efekcie nie zaobserwowano wpływu zastosowanego dodatku ekstraktu z rozmarynu na jakość i trwałość oleju lnianego.

3. Analiza czynnikowa uwzględniająca zmiany zawartości związków lotnych tylko w wybranych przypadkach pozwoliła zróżnicować próbki świeże i przechowywane w zastosowanych warunkach.

Literatura

- [1] Arthur C. L., Pawliszyn J.: Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Analytical Chemistry*, 1990, 62, 2145-2148.
- [2] Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P.: *Food Chemistry*, 2009, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- [3] Chmielewski J., Sikorska E., Górecki T., Khmelinskii I., Sikorski M.: Flavour analysis of edible oils by a sensor-array electronic nose. W: Zielinski R. & D., W. (Red.) *Current Trends in Commodity Science*, 9th International Commodity Science Conference (IGWT). 2007, Poznań, Poznan University of Economics Publishing House.
- [4] Codex Standard 19-1981 Codex Standard for edible fats and oils not covered by individual standards.
- [5] Erkan N., Ayranci G., Ayranci E.: Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry*, 2008, 110, 76-82.
- [6] Frankel E. N.: Chemistry of autoxidation: mechanism, products and flavor significance. W: Min, D. B. & Smouse, T. H. (Red.) *Flavor Chemistry of Fats and Oils*, 1985, Urbana-Champaign, AOCS.
- [7] Frankel E. N.: In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. *Trends in Food Science & Technology*, 1993, 4, 220-225.
- [8] Frankel E. N.: *Lipid Oxidation*, 2005, Scotland, The Oily Press.
- [9] Frega N., Mozzon M., Lercker G.: Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1999, 76 (3), 325-329.
- [10] Gromadzka J., Wardenecki W.: Dobór optymalnych parametrów metody UV-HS-SPME/GC/FID do oceny stabilności oksydacyjnej olejów roślinnych. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2008, 5 (60), 235-247.
- [11] Jeleń H. H., Mildner-Szkudlarz S., Jasińska I., Wąsowicz E.: A headspace-SPME-MS method for monitoring rapeseed oil autooxidation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2007, 84, 509-517.
- [12] Jeleń H. H., Obuchowska M., Zawirska-Wojtasiak R., Wąsowicz E.: Headspace solid-phase microextraction use for the characterization of volatile

- compounds in vegetable oils of different sensory quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48, 2360-2367.
- [13] Juita, Długogorski B. Z., Kennedy E. M., Mackie J. C.: Identification and quantitation of volatile organic compounds from oxidation of linseed oil. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2012, 51, 5645-5652.
 - [14] Krist S., Stuebiger E., Bail S., Unterweger H.: Analysis of volatile compounds and triacylglycerol composition of fatty seed oil gained from flax and false flax. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2006, 108, 48-60.
 - [15] Mildner-Szkudlarz S., Jeleń H. H., Zawirska-Wojtasiak R., Wąsowicz E.: Application of headspace solid phase microextraction and multivariate analysis for plant oils differentiation. *Food Chemistry*, 2003, 83, 515-522.
 - [16] Min D. B., Boff J. M.: *Lipid Oxidation of Edible Oil*. Food Lipids, 2002, CRC Press.
 - [17] Mińkowski K., Grześkiewicz S., Krupska A.: Zastosowanie metody HS-SPME_GC/FID do wykrywania wczesnych zmian oksydacyjnych oleju lnianego. *ŻYWNÓŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 6 (85), 93-102.
 - [18] PN-EN ISO 660:2005. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce - Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
 - [19] Samotyja U., Jura E.: Ocena wpływu wybranych metod jodometrycznych na wynik oznaczenia liczby nadtlencowej w olejach roślinnych. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 2012, 4 (33), 29-36
 - [20] Samotyja U., Małecka M.: Effects of blackcurrant seeds and rosemary extracts on oxidative stability of bulk and emulsified lipid substrates. *Food Chemistry*, 2007, 104, 317-323.
 - [21] Sielicka M., Małecka M.: Rosemary extract as an inhibitor of oxidation of cold-pressed flaxseed and rapeseed oils, *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 2013, 4(37), s. 101-111.
 - [22] Wądołowska L., Babicz-Zielińska E., Czarnocińska J.: Food choice models and their relation with food preferences and eating frequency in the Polish population: POFPRES study. *Food Policy*, 2008, 33(2), 122-134.
 - [23] Wąsowicz E., Kamiński E.: Fatty acid composition of „Bebiko” infant formula determined by support-coated open tubular gas chromatography. *Die Nahrung*, 1984, 25(6), 599-603.
 - [24] Wroniak M., Kwiatkowska M., Krygier, K.: Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2006, 2(47), 46-58.

WPLYW PODCIŚNIENIA W CZASIE MIESZANIA SKADNIKÓW CIASTA NA JAKOŚĆ MAKARONÓW TŁOCZONYCH

ALDONA SOBOTA, PIOTR ZARZYCKI, ZBIGNIEW RZEDZICKI, EMILIA
SYKUT-DOMAŃSKA, ANNA WIRKIJOWSKA, JAROSŁAW
MAZURKIEWICZ, EWELINA KUZAWIŃSKA, KATARZYNA BARTOSZEK,
MONIKA KRUPKA

Streszczenie

Kluczową rolę w kształtowaniu jakości makaronu odgrywa proces mieszania ciasta makaronowego. Z danych literaturowych wynika, że zastosowanie próżni na tym etapie produkcji, zwiększa dynamikę uwadniania mąki, korzystnie wpływa na barwę i cechy kulinarne makaronów. Informacje na temat zalecanej wielkości podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta są rozbieżne, dlatego podjęto badania, których celem było określenie wpływu wielkości podciśnienia stosowanego w czasie mieszania ciasta, na jakość kulinarną i właściwości fizykochemiczne makaronów tłoczonych. Makarony produkowano z wykorzystaniem przemysłowej linii do produkcji makaronu produkcji La Parmigiana S.R.L, typ C300. W czasie mieszania składników ciasta stosowano zmienną wielkość podciśnienia, która wynosiła odpowiednio: 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 atmosfery. Po wytłoczeniu makarony wstępnie suszono w trabatto, a następnie w suszarniach komorowych produkcji La Parmigiana, typ ESS 4C. Po wysuszeniu badano jakość kulinarną makaronów: wyznaczono optymalny czasu gotowania, określono współczynnik przyrostu masy i wielkość strat suchej masy w czasie gotowania oraz zbadano odporność makaronu na rozgotowanie. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zwiększenie podciśnienia w czasie mieszania ciasta makaronowego wpływa na wydłużenie optymalnego czasu gotowania produktów. Jednocześnie wielkość podciśnienia stosowanego w czasie mieszania składników ciasta miała znaczący wpływ na jakość kulinarną makaronów. Najlepszej jakości produkty uzyskano przy zastosowaniu najwyższego podciśnienia (0,8 atm). Wyroby te odznaczały się najmniejszymi stratami suchej masy w czasie gotowania. Zwiększenie podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta nie spowodowało natomiast znaczącego wzrostu odporności makaronów na rozgotowanie.

Słowa kluczowe: makaron, mieszanie próżniowe, jakość kulinarna

Wprowadzenie

Makarony, obok pieczywa, są jednymi z najpopularniejszych produktów zbożowych. Cechują się dużą różnorodnością form i kształtów. Są produktami stosunkowo trwałymi i łatwymi w przygotowaniu do konsumpcji, a przy tym atrakcyjnymi cenowo. Dodatkowo ich zaletą jest niski indeks glikemiczny. Na przełomie ostatnich lat obserwuje się stały wzrost spożycia makaronów. Obecnie w Polsce wielkość spożycia kształtuje się na poziomie ok. 4,4 kg/osobę /rok (GUS, 2014). Najpopularniejszą technologią produkcji makaronów jest technologia ekstruzji niskotemperaturowej. Odpowiednio przygotowane ciasto zagniatane jest w cylindrze ekstrudera i tłoczone pod ciśnieniem sięgającym nawet 13 MPa przez otwory umieszczone w matrycy. Uformowany makaron poddawany jest suszeniu i pakowaniu. Wiele danych literaturowych wskazuje, że parametry tłoczenia ciasta i suszenia makaronu mają istotny wpływ na jakość makaronu [Abecassis i in., 1994; Kruger i in. 1996; Baiano i Del Nobile, 2006]. Icard-Vernière i Feillet [1999] oraz Carini i in. [2010] podkreślają, że kluczową rolę w kształtowaniu jakości produktu odgrywa proces mieszania ciasta makaronowego. Mieszanie składników ciasta prowadzone jest najczęściej wieloetapowo [Dalbon i in. 1996]. Pierwszy etap (mieszanie wstępne) odbywa się w premikserze. Jego celem jest równomierne rozprowadzenie i wymieszanie płynnych składników ciasta (wody i masy jajowej) z mąką. Zwilżone cząsteczki mąki kierowane są następnie do mieszarki właściwej, w której następuje stopniowe ich uwadnianie. Woda zaabsorbowana przez mąkę powoduje zmianę w konfiguracji białek glutenowych i odsłonięcie ich grup funkcyjnych. W ten sposób zainicjowany zostaje proces tworzenia sieci glutenowej otaczającej granule skrobiowe. Na etapie mieszania właściwego ciasto ma jeszcze postać sypkiej, gruzelkowatej kruszonki, o średnicy ziaren ok. 2-3 cm. Końcowy etap mieszenia ciasta odbywa się w cylindrze ekstrudera. Kruszonka zostaje tu ugnieciona i uplastyczniona do jednorodnej masy, która poddawana jest stopniowemu sprężaniu i kształtowaniu.

Proces mieszania właściwego może odbywać się wyłącznie w warunkach ciśnienia atmosferycznego i/lub w warunkach częściowej próżni. próżnię uzyskuje się wysysając powietrze z zamkniętej przestrzeni mieszarki. do tego celu stosuje się pompy próżniowe wytwarzających podciśnienie sięgające 1 atmosfery. niektóre rozwiązania konstrukcyjne przewidują zastosowanie próżni dopiero na etapie procesu ugniatania ciasta w cylindrze ekstrudera [Obuchowski, 2009].

Stosowanie próżni w czasie mieszania ciasta zwiększa dynamikę uwadniania mąki. W warunkach próżni powierzchnia cząstek mąki zostaje równomiernie zwilżona, a woda łatwiej wnika do wnętrza cząstek, niezależnie od ich wielkości. Uzyskuje się tym sposobem znacznie bardziej wyrównane nawilżenie każdej cząstki mąki. Ciasto makaronowe mieszane w warunkach próżni staje się bardziej zwarte, jednolite i szkliste na przełomie [Obuchowski, 1995; Solah i in., 2007].

Obuchowski [1997] podkreśla, że pęcherzyki powietrza zamknięte w cieście i wprowadzone do zamkniętej przestrzeni cylindra ekstrudera pod wpływem ugniatania i panującego w cylindrze ciśnienia ulegają sprężeniu i rozmieszczają się w postaci okluzji w wytłaczanym makaronie. Może skutkować to powstawaniem deformacji w wilgotnym produkcie, a w miarę wysychania obniżeniem wytrzymałości mechanicznej. Również według Miedwiediewa [1998] zastosowanie podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta wpływa na zwiększenie wytrzymałości mokrych, a po procesie suszenia również suchych wyrobów makaronowych. Dalbon i in. [1997] twierdzą, że podciśnienie stosowane w czasie mieszania ciasta ogranicza występowanie w uformowanym makaronie mikropęcherzyków powietrza, które w czasie suszenia zwiększają swoją objętość i tym samym przyczyniają się do osłabienia wewnętrznej struktury produktów. Mikropęcherzyki widoczne są w wysuszonym makaronie gołym okiem, w postaci licznych, drobnych, białych plamek na powierzchni produktu. Według Miedwiediewa [1998] makarony formowane z ciasta mieszanego bez zastosowania podciśnienia, nie powinny być suszone w warunkach wysokich temperatur. Wysoka temperatura suszenia pogłębia powstawanie mikropęknięć w strukturze produktów, a w konsekwencji prowadzi do mniejszej wytrzymałości i obniżenia jakości kulinarnej makaronów.

Zastosowanie próżni w czasie mieszania i tłoczenia wpływa korzystnie również na zachowanie naturalnej, jasno żółtej barwy produktów [Li i in. 2012]. Poprzez ograniczony dostęp tlenu zahamowane zostają reakcje utleniania karotenoidów zachodzące w pod wpływem enzymów oksydoredukcyjnych obecnych w cieście. Obuchowski [1997] podkreśla, że najlepsze efekty uzyskujemy odpowietrzając ciasto bezpośrednio po zwilżeniu mąki wodą.

Informacje na temat zalecanej wielkości podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta są bardzo rozbieżne. Dalbon i in. [1997] twierdzą, że wystarczające jest podciśnienie rzędu 130 mm Hg (0,17 atm). Inni badacze podają, że najlepsze efekty uzyskuje się stosując podciśnienie rzędu 0,8 atm [Li i in. 2012].

Podjęto więc badania, których celem było określenie wpływu wielkości podciśnienia stosowanego w czasie mieszania składników ciasta na jakość kulinarną i właściwości fizykochemiczne makaronów tłoczonych. Dzięki przeprowadzonym badaniom możliwe było określenie optymalnych parametrów mieszania ciasta makaronowego, pozwalających na uzyskanie najlepszych jakościowo wyrobów.

Material i metody badań

Charakterystyka surowców

Surowcami wykorzystanymi do produkcji makaronu była mąka makaronowa zwyczajna typ 450 (PPHU Młynpol Sp.j., Krzyżowa, Polska) oraz pasteryzowana i homogenizowana masa jajowa (Koźlakiewicz Sp.j., Wiśniewo k/Mławy, Polska).

Zbadano parametry jakościowe mąki w tym: zawartość glutenu mokrego zgodnie z metodą AACC, 38-10, liczbę opadania według metody AACC, 56-21 oraz zawartość popiołu w oparciu o metodę AACC, 08-01 [AACC, 2000]. Przeanalizowano również skład granulometryczny mąki [Sobota i in., 2015] i wyliczono jej średnicę zastępczą [Kasprzak i Rzedziecki 2012]. Wyniki badań parametrów jakościowych mąki makaronowej przedstawiono w Tab. 1.

Tab. 1. Parametry jakościowe i skład frakcyjny mąki makaronowej

Zawartość glutenu [%]	Liczba opadania [s]	Zawartość popiołu [%]	Skład frakcyjny [%]						Średnica zastępcza [μm]
			>315 μm	250-315 μm	160-250 μm	125-160 μm	80-125 μm	< 80 μm	
29,05±0,12	368±18,27	0,36±0,01	1	2	54	22	11	8	172,7

Proces produkcji makaronu

Makarony penne, produkowano z wykorzystaniem przemysłowej linii do produkcji makaronu typ C300 (La Parmigiana S.R.L, Parma, Włochy) w Wytwórni Makaronu Domowego Pol-Mak S.A. w Ludwinie. Wydajność katalogowa linii wynosiła 350-400 kg/h. Proces produkcji makaronów rozpoczynał się od przesiewania i pneumatycznego transportu mąki makaronowej do dozownika objętościowego. Następnie do mąki dozowanej w ilości 260 kg/h, dodawano wodę w ilości 18 l/100 kg mąki i masę jajową w ilości 10 kg/100 kg mąki. Wszystkie surowce wstępnie mieszano w premikserze, następnie w mieszarce I - właściwej i mieszarce II - próżniowej. Mieszanie w mieszarce właściwej trwało 10 minut, natomiast w mieszarce próżniowej ok. 5 minut. W czasie procesu mieszania składników ciasta w II mieszarce stosowano zmienną wielkość podciśnienia, która wynosiła odpowiednio: 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 atmosfery. Przygotowane ciasto kierowano do cylindra ekstrudera, gdzie następowało stopniowe jego ugniatanie, uplastycznianie i sprężanie. Makaron tłoczono pod ciśnieniem 7 MPa. Obróty ślimaka ekstrudera wynosiły 17 obr/min. Cylinder ekstrudera chłodzono do temperatury 45°C. Makaron po wytłoczeniu odcinano z matrycy stosując nóż obrotowy i układano na sitach. Sita z makaronem kierowano do trabatto, gdzie następowało wstępne suszenie produktów. Czas suszenia makaronów w trabatto wynosił 5 min., natomiast temperatura powietrza suszącego oscylowała na poziomie 80°C. Sita z podsuszonym makaronem trafiały do układarki sit i układane były na wózkach po 30 sztuk. Wózki z makaronem kierowano do suszarni komorowych czterowózkowych, produkcji La Parmigiana, typ ESS 4C, o pojemności 300–400 kg makaronu. Makaron suszono obniżając temperaturę z 65°C do 35°C i jednocześnie zmniejszając wilgotność względną powietrza suszącego z 75 % do 55 %. Czas suszenia makaronu wynosił 7 h. Po wysuszeniu, do badań pobierano 1-kilogramowe próbki produktów. Makarony wytworzone z ciasta mieszanego przy podciśnieniu wynoszącym: 0; 0,2; 0,4; 0,6 i 0,8 atm,

oznaczono w modelu doświadczenia odpowiednio numerami: P0, P02, P04, P06 i P08.

Badanie jakości kulinarnej makaronów

Badanie jakości kulinarnej makaronów obejmowało: wyznaczenie optymalnego czasu gotowania, określenie współczynnika przyrostu masy i wielkości strat suchej masy w czasie gotowania. W celu wyznaczenia optymalnego czasu gotowania 50 g makaronu gotowano w 500 ml destylowanej wody. Co 30 s wyjmowano makaron i ścisano go pomiędzy dwoma szklanymi płytkami. W nieugotowanym makaronie, po ściśnięciu, widoczny był biały rdzeń. Czas gotowania, po upływie którego zanikał mączysty rdzeń, a po ściśnięciu produktu widoczna była jednorodna skleikowana masa to tzw. minimalny czas gotowania. Za optymalny czas gotowania przyjęto minimalny czas powiększony o 1 min.

Współczynnik przyrostu masy makaronu wyliczono dzieląc masę produktu po ugotowaniu przez masę nieugotowanego makaronu (50 g) [Obuchowski, 1997].

Straty suchej masy w czasie gotowania oznaczono badając zawartość suchej masy w wodzie po gotowaniu produktu. Zawartość suchej masy oznaczono zgodnie z metodą 44-15A, AACC [2000].

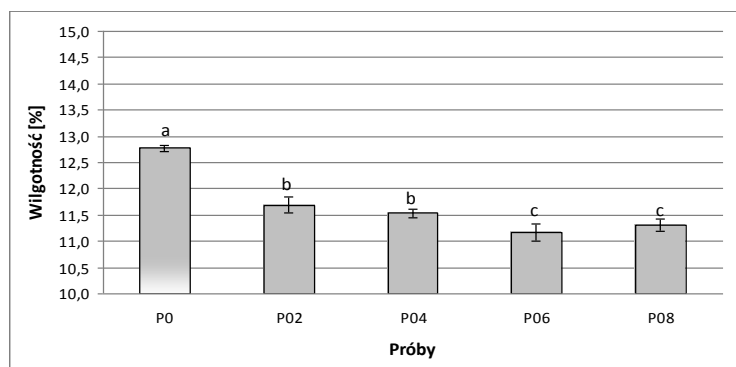
Aby określić odporność makaronu na rozgotowanie oznaczono współczynnik przyrostu masy makaronu i straty suchej masy stosując czas gotowania dłuższy o 50 % w stosunku do optymalnego czasu gotowania.

Analiza statystyczna

Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach. Wyliczono wartości średnie i odchylenia standardowe. Istotność różnic pomiędzy wynikami określono na podstawie testu Duncana ($p \leq 0,05$). Analizę statystyczną wyników przeprowadzono z wykorzystaniem programu statystycznego SAS 9.1.3.

Wyniki i dyskusja

Wysuszone makarony penne cechowały się wilgotnością na poziomie od 11,16 % do 12,78 % (Rys. 1). Z wyjątkiem próby P0, wilgotność wszystkich produktów była zgodna z wymogami Polskiej Normy i nie przekraczała 12,5% [PN-A-74131]. Widoczne na Rysunku 1 różnice w wilgotności poszczególnych prób mogą być warunkowane nie tyle parametrami stosowanymi w czasie mieszania ciasta, co specyficznymi warunkami panującymi w czasie suszenia statycznego makaronów. W przypadku suszenia w suszarniach komorowych wilgotność końcowa makaronu uzależniona jest w dużej mierze od miejsca, w którym produkt znajduje się w suszarni. Wyroby umieszczone na górnych sitach wózka, suszą się szybciej i zawsze cechują się znacznie niższą wilgotnością w porównaniu do wyrobów suszonych na dolnych sitach.



Rys. 1. Wpływ podciśnienia stosowanego w czasie mieszania ciasta na wilgotność makaronów

Objaśnienie:

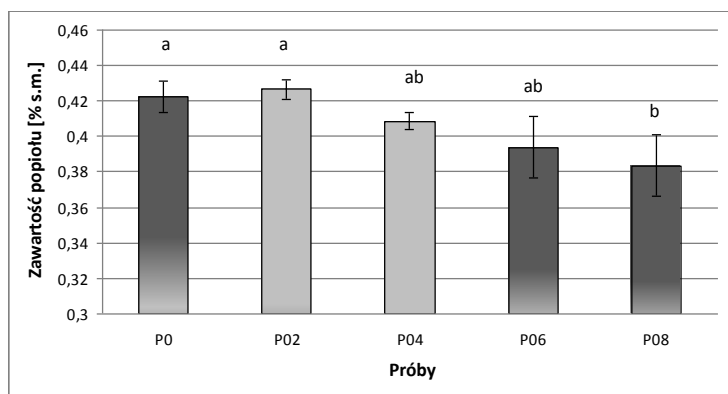
Podciśnienie stosowane w czasie mieszania ciasta wynosiło odpowiednio dla prób: P0 – 0 atm, P02 – 0,2 atm, P04 – 0,4 atm, P06 – 0,6 atm, P08 – 0,8 atm;

- a, b, c - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$).

Ciekawe wyniki odnotowano analizując zawartość popiołu w badanych próbach makaronu. W miarę wzrostu podciśnienia z 0 do 0,8 atm odnotowano znaczące obniżenie zawartości popiołu (odpowiednio z 0,43 % do 0,38 %) (Rys. 2). Wzrost podciśnienia w trakcie mieszania składników ciasta może przyczyniać się do lepszego uwodnienia mąki i tym samym sprzyjać powstawaniu bardziej plastycznego ciasta. W konsekwencji, w trakcie ugniatania takiego ciasta, tarcie o elementy robocze tłoczni (ślimak i cylinder) jest mniejsze. Mniej intensywne „wycieranie” ślimaka i cylindra ekstrudera może skutkować mniej intensywnym przechodzeniem pierwiastków wchodzących w skład stali stopowej ekstrudera do produktu i przekładać się na mniejszą zawartość popiołu w makaronie. Odnotowane zmiany zawartości popiołu są jednak stosunkowo duże, a zaobserwowana tendencja wymaga potwierdzenia w kolejnych badaniach.

Badania dowiodły, że wielkość podciśnienia stosowanego w czasie mieszania składników ciasta wpływa na optymalny czas gotowania makaronów. Wraz ze wzrostem podciśnienia czas potrzebny do całkowitego uwodnienia produktów i skleikowania skrobi wydłużał się i wynosił odpowiednio 8,5 min. dla próby P0, 9 min. dla próby P02 i P04, oraz 9,5 min dla próby P06 i P08. Podobną tendencję odnotowali Li i in. [2012]. Autorzy podkreślają, że struktura produktów wytworzonych z ciasta mieszanego przy wyższym podciśnieniu jest bardziej zwarta, co decyduje o wolniejszym ich uwadnianiu w czasie gotowania.

Badania jakości kulinarnej makaronów przeprowadzono stosując uśredniony dla wszystkich prób, optymalny czas gotowania wynoszący 9 min. oraz czas wydłużony o 50 % w stosunku do optymalnego, równy 13,5 min.



Rys. 2. Wpływ podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta na zawartość popiołu w makaronach

Objaśnienie:

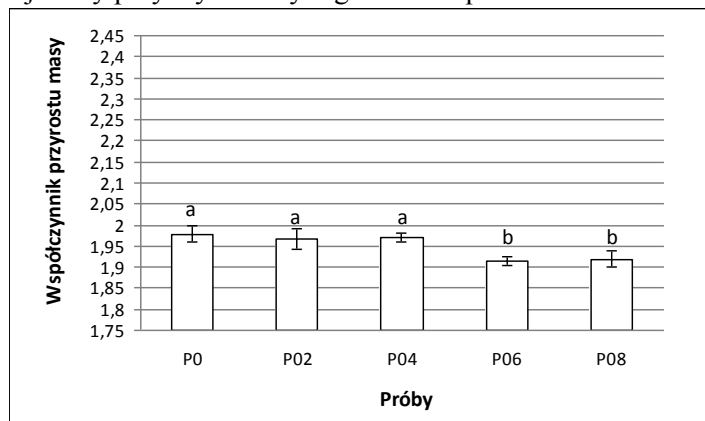
Podciśnienie stosowane w czasie mieszania ciasta wynosiło odpowiednio dla prób: P0 – 0 atm, P02 – 0,2 atm, P04 – 0,4 atm, P06 – 0,6 atm, P08 – 0,8 atm;

- a, b - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$).

Ważnym parametrem oceny jakości makaronów jest współczynnik przyrostu masy. Wyraża on krotność zwiększenia masy produktu w czasie gotowania [Sobota i Skwira, 2009]. Wartość tego współczynnika dla badanych makaronów penne, gotowanych w optymalnym czasie (9 min.), kształtowała się na poziomie od 1,91 do 1,98 (Rys. 3)

Znacznie mniejszą wartość współczynnika przyrostu masy cechowały się makarony wytworzone z ciasta mieszanego przy podciśnieniu 0,6 i 0,8 atm (odpowiednio próby P06 i P08). Usunięcie powietrza z ciasta sprzyja uzyskaniu mniej porowatej, zwartej struktury produktów [Li i in., 2012]. Takie wyroby wolniej chłoną wodę w czasie gotowania, dlatego cechują się mniejszą wartością współczynnika przyrostu masy. Sobota i Zarzycki [2013] podają, że wydłużenie czasu gotowania makaronów do określonego poziomu, wpływa na większą absorpcję wody i wzrost masy ugotowanych produktów. Potwierdzeniem tej tendencji są wyniki prezentowane na Rysunku 4. Zastosowanie wydłużonego czasu gotowania (13,5 min.) spowodowało wzrost współczynnika przyrostu masy w przypadku wszystkich badanych prób o około 0,3. Jednocześnie przy zastosowaniu wydłużonego czasu gotowania nie stwierdzono istotnego wpływu podciśnienia, stosowanego w czasie mieszania ciasta, na wartość współczynnika przyrostu masy. Parametr ten kształtował się na poziomie od 2,22 % do 2,28 % i nie różnił się statystycznie w przypadku prób z ciasta mieszanego przy różnym podciśnieniu (Duncan; $p \leq 0,05$) (Rys. 4). Zastosowana wielkość podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta wpływała więc na dynamikę hydratacji i ilość zaabsorbowanej wody tylko w przypadku stosowania optymalnego czasu

gotowania makaronów, nie powodowała natomiast istotnych zmian ilości absorbowanej wody przy wydłużonym gotowaniu produktów.

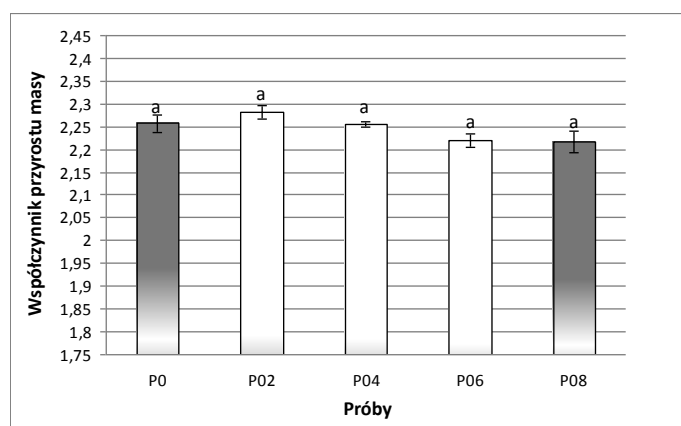


Rys. 3. Wpływ podciśnienia w czasie mieszania ciasta na współczynnik przyrostu masy makaronów (czas gotowania 9 min.)

Objaśnienie:

Podciśnienie stosowane w czasie mieszania ciasta wynosiło odpowiednio dla prób: P0 – 0 atm, P02 – 0,2 atm, P04 – 0,4 atm, P06 – 0,6 atm, P08 – 0,8 atm;

- a, b - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$).



Rys. 4. Wpływ podciśnienia w czasie mieszania ciasta na współczynnik przyrostu masy makaronów (czas gotowania 13,5 min.)

Objaśnienie:

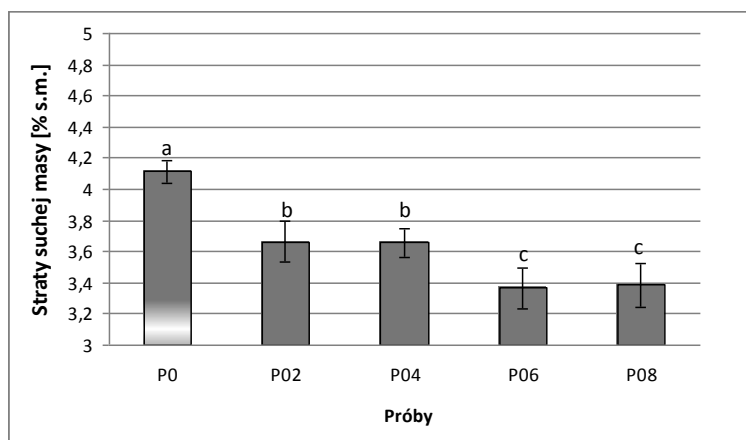
Podciśnienie stosowane w czasie mieszania ciasta wynosiło odpowiednio dla prób: P0 – 0 atm, P02 – 0,2 atm, P04 – 0,4 atm, P06 – 0,6 atm, P08 – 0,8 atm;

- a - wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$).

Wielu autorów podkreśla, że zdolność do absorbowania wody w czasie gotowania makaronów warunkowana jest różnymi czynnikami między innymi:

zawartością i jakością białka, formą i kształtem makaronu, oraz technologią i parametrami produkcji [Obuchowski, 1997; Sobota i Skwira 2009, Sobota i Zarzycki, 2013]. Według Zawadzkiego [2005] wartość współczynnika przyrostu masy zależy również od rodzaju i ilości stosowanych dodatków np.: surowców jajowych, parametrów jakościowych mąki, w tym jej składu granulometrycznego. Obuchowski twierdzi, że im wyższy współczynnik przyrostu masy tym lepszej jakości makaron. Dick i Youngs [1998] podają, że dobre jakościowo produkty w czasie gotowania powinny zwiększać swoją masę około trzykrotnie. Należy jednak zaznaczyć, że większy przyrost masy makaronu w czasie gotowania wiąże się z mniejszą jędrnością i sprężystością produktów. Nie wszyscy konsumenci preferują tego typu wyroby.

Straty suchej masy w czasie gotowania są kolejnym, istotnym parametrem przy określaniu cech jakościowych makaronów [Sobota i Skwira, 2009]. Przyjmuje się, że im mniej substancji przedostaje się do roztworu w trakcie gotowania, tym lepsze cechy kulinarne posiada makaron [Debouz i Doetkott, 1996; Kim i in., 1996]. Według Obuchowskiego [1997] oraz Dick'a i Youngs'a [1988], w przypadku dobrych jakościowo makaronów, straty suchej masy nie powinny przekraczać 8 %. Biorąc pod uwagę to kryterium wszystkie badane produkty, to wyroby bardzo dobrej jakości. Wielkość strat suchej masy, określona dla optymalnego czasu gotowania kształtowała się w przedziale od 3,37 % do 4,11 % (Rys. 5).



Rys. 5. Wpływ podciśnienia w czasie mieszania ciasta na wielkość strat suchej masy w czasie gotowania makaronów (czas gotowania 9 min.)

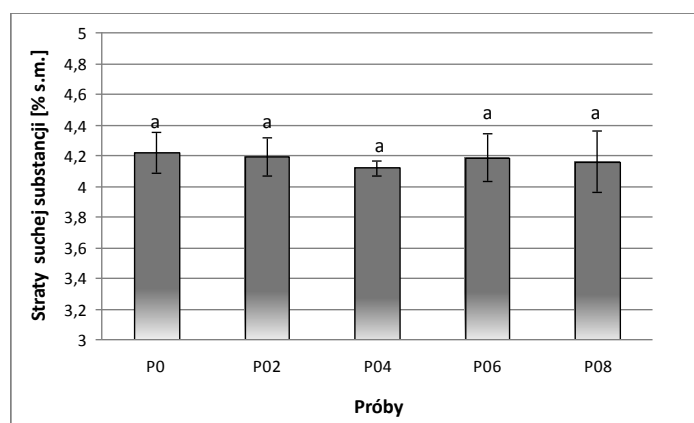
Objaśnienie:

Podciśnienie stosowane w czasie mieszania ciasta wynosiło odpowiednio dla prób: P0 – 0 atm, P02 – 0,2 atm, P04 – 0,4 atm, P06 – 0,6 atm, P08 – 0,8 atm;

- a, b, c- wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$).

Wzrost podciśnienia w trakcie mieszania składników ciasta, przyczyniał się do obniżenia strat suchej substancji w czasie gotowania produktów i tym samym poprawy cech kulinarnych makaronów. Podobną tendencję odnotowali Li i in. [2012]. Zweifel i in. [2003] tłumaczą, że większe podciśnienie zastosowane w czasie mieszania ciasta sprzyja agregacji białek glutenowych i prowadzi do wytworzenia mocnej sieci glutenowej, w której uwięzione zostają granule skrobiowe. Straty amylozy w czasie gotowania są wtedy mniejsze, co równoznaczne jest z mniejszymi stratami suchej masy podczas gotowania makaronów.

Wydłużenie czasu gotowania wpływa na zwiększenie strat suchej masy (Rys.6). Podobne wyniki odnotowali Sobota i Zarzycki [2013]. Należy jednak podkreślić, że badane makarony penne cechowały się dużą odpornością na rozgotowanie. Wielkość strat suchej masy przy stosowaniu wydłużonego czasu gotowania wynosiła od 4,12 % do 4,22 %. Zwiększenie podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta nie spowodowało znaczącego wzrostu odporności makaronów na rozgotowanie.



Rys. 6. Wpływ podciśnienia w czasie mieszania ciasta na wielkość strat suchej masy w czasie wydłużonego gotowania makaronów.

Objaśnienie:

Podciśnienie stosowane w czasie mieszania ciasta wynosiło odpowiednio dla prób: P0 – 0 atm, P02 – 0,2 atm, P04 – 0,4 atm, P06 – 0,6 atm, P08 – 0,8 atm;

- a - wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie (Duncan; $p \leq 0,05$).

Wnioski

1. Wzrost podciśnienia w czasie mieszania składników ciasta wpłynął znacząco na wydłużenie optymalnego czasu gotowania produktów.
2. Wielkość podciśnienia stosowanego w czasie mieszania składników ciasta ma wpływ na jakość kulinarną makaronów. Najlepszą jakością kulinarną cechowały się makarony otrzymane z ciasta mieszanego przy zastosowaniu

- najwyższego podciśnienia (0,8 atm.). Wyroby te odznaczały się najmniejszymi stratami suchej masy w czasie gotowania.
3. Przy wydłużonym czasie obróbki hydrotermicznej makaronu nie odnotowano znaczącego wpływu podciśnienia na jakość kulinarną produktów. Straty suchej masy, a także współczynnik przyrostu wagowego, były porównywalne we wszystkich badanych próbach.
 4. Wydłużanie czasu gotowania makaronów wpłynęło na zwiększenie współczynnika przyrostu masy oraz wzrost strat suchej substancji.

Literatura

- [1] AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, American of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [2] Abecassis J., Abbou R., Chaurand M., Morel M.H., Vernoux P.: Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature and pressure in the extruder on pasta quality. *Cereal Chemistry*, 1994, 71(3), 247-253.
- [3] Baiano A., Del Nobile M.A.: Influence of drying temperature on the spaghetti cooking quality. *Journal of Food Engineering*, 2006, 76(3), 341-347.
- [4] Carini E., Vittadini E., Curti E., Antoniazzi F., Viazani P.: Effect of different mixers on physicochemical properties and water status of extruded and laminated fresh pasta. *Food Chemistry*, 2010, 122, 462-469.
- [5] Debouz A., Doetkott C.: Effect of process variables on spaghetti quality. *Cereal Chemistry*, 1996, 73, 672-676.
- [6] Dalbon G., Grivon D., Pagani A.: Continuous manufacturing process. In: *Pasta and Noodle Technology*. Eds. J.E. Kruger, R.B. Matsuo, J.W. Dick. AACC Inc., St. Paul 1996, USA, pp. 13-58.
- [7] Dick J.W., Youngs V.L.: Evaluation of Durum Wheat, Semolina and Pasta in the United States. In: *Durum Wheat: Chemistry and Technology*, AACC Inc., St. Paul 1988, USA, pp. 237-248.
- [8] GUS: Sytuacja gospodarstw domowych w 2013 r. w świetle wyników badań budżetów gospodarstw domowych. GUS 2014.
- [9] Icard-Vernie`re C., Feillet P.: Effects of mixing conditions on pasta dough development and biochemical changes. *Cereal Chemistry*, 1999, 76(4), 558-565.
- [10] Kasprzak M., Rzedzicki Z.: Application of grasspea wholemeal in the technology of white bread production. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 2012, 62, 207-213.
- [11] Kim Y., Wiesenborn D., Lorenzen J., Berglund P.: Suitability of edible bean and potato starches for starch noodles. *Cereal Chemistry*, 1996, 73, 3, 302-307.
- [12] Kruger J.E., Matsuo R.B., Dick J.W.: *Pasta and Noodle Technology*, American Association of Cereal Chemists. St. Paul 1996.

- [13] Li M., Luo L.-J., Zhu K.-X., Guo X.-N., Peng W., Zhou H.-M.: Effect of vacuum mixing on the quality characteristics of fresh noodles. *Journal of Food Engineering*, 2012, 110(4), 525–531.
- [14] Miedwiediew G.M.: Główne problemy teorii i praktyki w produkcji makaronów (cz. 2). *Przegląd Zbożowo – Młynarski*, 1998, 8, 45.
- [15] Obuchowski W.: Makarony walcowane – czy tylko alternatywa dla makaronów wytłaczanych? Nowe rozwiązania w zakresie przygotowania i formowania ciasta makaronowego. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*, 2009, 4, 16-17.
- [16] Obuchowski W.: Składowanie surowców przygotowanie ich do produkcji. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*, 1995, 6, 12-13.
- [17] Obuchowski W.: *Technologia przemysłowej produkcji makaronu*. Wyd. I. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań, 1997.
- [18] Polska Norma: PN –A-74131. Makaron, 1999.
- [19] Sobota A., Rzedzicki Z., Zarzycki P., Kuzawińska E.: Application of common wheat bran for the industrial production of high fibre pasta. *International Journal of Food Science and Technology*, 2015, 50, 111-119.
- [20] Sobota A., Skwira A.: Właściwości fizyczne i skład chemiczny makaronów wytłaczanych. *Acta Agrophysica*. 2009, 13(1), 245-260.
- [21] Sobota A., Zarzycki P.: Effect of pasta cooking time on the content and fractional composition of dietary fiber. *Journal of Food Quality*, 2013, 36, 127–132.
- [22] Solah V.A., Crosbie G.B., Huang S., Quail K., Sy N., Limley H.A.: Measurement of color, gloss, and translucency of white salted noodles: effects of water addition and vacuum mixing. *Cereal Chemistry*, 2007, 84(2), 145-151.
- [23] Zawadzki K.: Pszenica durum najlepszym surowcem do produkcji makaronu. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2005, 9, 39-40.
- [24] Zweifel C., Handschin S., Escher F., Conde-Petit B.: Influence of hightemperature drying on structural and textural properties of durum wheat pasta. *Cereal Chemistry*, 2003, 80(2), 159-167.

KSZTAŁTOWANIE NOWEGO PRODUKTU ŻYWNOŚCIOWEGO W ŚWIECIE BADAŃ PRODUCENTÓW MAKARONÓW

MONIKA ŚWIĄTKOWSKA

Streszczenie

Producenci makaronu znajdują się pod silną presją oddziaływania innowacji, występujących w wielu obszarach jednocześnie, jak np. nowe produkty, techniki i technologie, organizacja sprzedaży. Kształtowanie nowych produktów stanowi zwykle złożony i wieloetapowy proces działań projektowych i rynkowych. Badania wskazują na innowacje produktowe i technologiczne, jako najczęściej stosowane działania innowacyjne. Celem podjętych badań było określenie charakteru działań związanych z rozwojem i wprowadzaniem nowych produktów w zakładach produkujących makaron oraz ich planów w zakresie działań innowacyjnych. Określono uwarunkowania produkcji makaronów o obniżonej kaloryczności, nastawienia producentów do tych produktów, pożądanych cech tych makaronów oraz ich postrzeganie przez producentów. Większość badanych firm była pozytywnie nastawiona do innowacji, głównie na innowacje produktowe, które polegały przede wszystkim na zmianie receptury (składu) produktu oraz opakowania. Najczęściej działania o charakterze innowacji produktowych prowadzą małe i średnie firmy produkujące makarony.

Słowa kluczowe: kształtowanie nowych produktów, innowacje, makarony

Wprowadzenie

Działania innowacyjne stanowią podstawę nowoczesnych strategii rozwoju firm, a tempo zmian w technice, technologii i organizacji sprawia, że tylko przedsiębiorstwa wprowadzające innowacje są w stanie utrzymać się na coraz bardziej konkurencyjnym rynku. Dlatego też większość podmiotów rynku, w tym również producentów makaronu, znajduje się pod silną presją innowacji, występujących w wielu obszarach jednocześnie, jak np. nowe produkty, techniki i technologie, organizacja sprzedaży itp. Zakłady produkcji makaronów stanowią ważny obszar transformacji zbóż w produkty rynkowe o wysokiej wartości dodanej, poprzez ciągle wzbogacanie asortymentu i poprawę jakości, co bezpośrednio wpływa na poziom konsumpcji. Jednym z podstawowych kierunków wzbogacania oferty rynkowej makaronów są produkty o obniżonej kaloryczności, stanowiące część innowacyjnej kategorii produktów funkcjonalnych (prozdrowotnych), w których zmniejszono wartość energetyczną o przynajmniej 30 w porównaniu z produktami oryginalnymi, ze wskazaniem na cechę lub cechy, które sprawiają, że dany środek spożywczy ma zmniejszoną ogólną wartość

energetyczną [Rozporządzenie PE, 2006] W przypadku makaronów, uzyskanie efektu prozdrowotnego jest możliwe dzięki wykorzystaniu odpowiedniego surowca (modyfikacji ziaren pszenicy i mąki pszennej), procesom technologicznym (przemiału, formowania ciasta) czy też usuwaniu (glutenu) lub dodawaniu (błonnik) niektórych składników.

Innowacją może być produkt, usługa lub nowy sposób wytwarzania, a pojęcie to *"odnosi się do wszelkich towarów, usług lub idei, który jest postrzegane są przez kogoś jako nowy"* [Grunert i in., 1997]. W szerokim ujęciu pojęcia innowacji, jest ona traktowana jako wprowadzanie nowych bądź istotnie zmienionych (ulepszonych, zmodernizowanych) produktów materialnych, usług, procesów lub rozwiązań w zakresie organizacji i zarządzania przedsiębiorstwem [Oslo Manual, 2008].

Można wyróżnić cztery różne grupy działań innowacyjnych, wymagających różnych procesów, struktur, kultur i ludzi [Beckeman i in., 2013]:

- (1) nowy/ulepszony produkt, proces lub oferta usług;
- (2) całkowicie nowe kategorie produktów lub oferty usług;
- (3) całkowicie nowe modele systemów biznesowych;
- (4) nowe/ulepszone rozwiązania dla klientów.

Innowacja polega na wdrożeniu nowego lub znacząco udoskonalonego produktu (wyrobu albo usługi), bądź procesu, nowej metody marketingowej lub nowej metody organizacyjnej w praktyki gospodarcze, w organizację miejsca pracy lub w relacje z otoczeniem. Z kolei działalność innowacyjna definiowana jest jako czynność o charakterze naukowym, technicznym, organizacyjnym, finansowym i handlowym, których celem jest opracowanie oraz wdrożenie innowacji. Innowacje są efektem wymiany wiedzy z różnych dziedzin, która następnie integrowana jest w odmienny sposób i w wyniku czego powstają nowe produkty materialne, usługi lub procesy [Hargadon i Sutton, 2000; Hildreth i Kimble, 2004].

Za najważniejsze rozwiązania (modele) w zakresie innowacji żywnościowych należy uznać innowacje otwarte, w opozycji do innowacji zamkniętych (*in house*) [Chesbrough, 2003]. Przykładowo, w firmie General Mills w 2005 roku zidentyfikowano otwarte innowacje jako kluczowy priorytet strategiczny rozwoju [Erickson, 2008], w celu wspierania innowacji w rozwoju produktów i procesów. Firma ta umożliwia klientom rozwijanie własnych mieszanek płatków zbożowych, które następnie są pakowane i dostarczane.

Innym rodzajem innowacji często spotykanych w przemyśle spożywczym są innowacje zorientowane na użytkownika. Grunert i in. [2008] przedstawili przegląd innowacji zorientowanych na użytkownika, określając je jako: *„Proces w kierunku rozwoju nowego produktu lub usługi, w którym zintegrowana analiza i zrozumienie użytkowników, ich pragnień, potrzeb i preferencji odgrywa kluczową rolę”*. Jest to pojęcie jest szersze niż innowacje zorientowane na konsumentów i wpływa na wiele podmiotów funkcjonujących na rynku i w łańcuchu wartości.

Mascarenhas i in. [2004] doszli do wniosku, że sam produkt nie jest już podstawą tworzenia wartości, ale doświadczenie zdobyte przez konsumenta. Zadowolenie klienta może mieć wpływ nie tylko doświadczenia z przeszłości, ale przez oczekiwane przyszłe doświadczenia związane z odczuciami konsumentów (co do wizerunku, jakości, emocji, itp.). Dlatego produkty żywnościowe muszą być tworzone wspólnie z klientami (konsumentami), co można określić jako tworzenie wartości przez innowacje.

W środowisku rynkowym, w którym rozwijają się niejednorodne wymagania konsumentów, potrzebna jest orientacja rynkowa w całym łańcuchu wartości [Grunert i in., 2005]. Proces rozwoju nowego produktu zorientowany na konsumenta jest zatem elementem strategii ograniczenia niepewności na rynku spożywczym [Altintozglou i in., 2010; Grunert i Valli, 2001; Jaeger i in., 2003]. Jednak takie podejście jest krytykowane, ponieważ nie uwzględnia roli innych podmiotów w łańcuchu dostaw żywności, takich jak producenci, dostawcy hurtowi i handel detaliczny [Costa i Jongen, 2006]. Alternatywne podejście Etap-Brama (Stage-Gate), ściśle definiujące etapy (bramy), na których decyzje oparte są o oceny obiektywnego postępu prac i rozwiązań, co pozwala na zakwalifikowanie projektów do następnego etapu rozwoju, z powodzeniem wdrożone zostało w przemyśle spożywczym do komercjalizacji nowych produktów [Patist i Bates, 2008].

Celem badania było określenie charakteru działań związanych z rozwojem i wprowadzaniem nowych produktów w firmach a także planów w zakresie działań innowacyjnych w badanych przedsiębiorstwach.

Materiał i metody badań

Badanie przedsiębiorstw miało na celu określenie uwarunkowań produkcji makaronów, zwłaszcza o obniżonej kaloryczności, nastawienia producentów do produkcji makaronów o obniżonej kaloryczności, pożądanych cech tych makaronów oraz ich postrzegania przez producentów. W badaniu przeprowadzonym częściowo metodą wywiadów telefonicznych ze wspomaganie komputerowym (CATI), z wykorzystaniem częściowo standaryzowanego kwestionariusza wywiadu, częściowo zaś metodą wywiadu bezpośredniego, wzięło udział 56 przedsiębiorstw produkujących makarony z terenu całego kraju. W celu weryfikacji statystycznej danych związanych z pomiarem nominalnym został zastosowany test chi-kwadrat; istotność różnic została przetestowana na poziomie ufności $\alpha=0,05$. W celu weryfikacji hipotez statystycznych, związanych z pomiarem porządkowym (rangowym), został wykorzystany test korelacji rang Kruskala-Wallisa. W przypadku liczby obserwacji mniejszej od pięciu, nie zostało zastosowane wnioskowanie statystyczne.

Większość badanych przedsiębiorstw produkujących makarony w Polsce stanowiły małe firmy rodzinne, działające w formie indywidualnej działalności gospodarczej (39%), rzadziej większe przedsiębiorstwa, działające jako spółki

(54%). Największą grupę spośród badanych 56 firm produkujących makarony stanowiły mikroprzedsiębiorstwa (41%); małe i średnie przedsiębiorstwa były w próbie podobnej liczebności (odpowiednio 29% i 27%). W pozostałych przedsiębiorstwach (4%) odmówiono odpowiedzi na pytanie o wielkość zatrudnienia. Analizowane przedsiębiorstwa działały przede wszystkim na rynku lokalnym (w mieście, powiecie) – 48%; podobna liczba badanych przedsiębiorstw funkcjonowała na rynku regionalnym (44,6%). W ok. 1/3 badanych przedsiębiorstw (32%) zadeklarowano prowadzenie działalności na rynku krajowym, zaś w 29% – na rynku międzynarodowym.

Pod względem liczby pozycji asortymentowych, ponad 1/3 badanych przedsiębiorstw (34%) produkowała ich nie więcej niż 10; nieco większą grupę stanowiły przedsiębiorstwa produkujące do 30 pozycji asortymentowych (38%). Najmniej przedsiębiorstw zadeklarowało produkcję pomiędzy 30 a 100 pozycji asortymentowych.

Wyniki i dyskusja

Większość przedsiębiorców biorących udział w badaniu (55%) zadeklarowało zwiększenie nakładów na działania innowacyjne w 2013 roku; w przypadku 1/3 badanych przedsiębiorstw produkujących makarony (34%) nakłady te nie uległy zmianie. W pozostałych przedsiębiorstwach zadeklarowano zmniejszenie nakładów na działania innowacyjne w omawianym okresie (Tab. 1). Wyniki badania z jednej strony wskazują na szansę, jaką jest zwiększanie nakładów na działania innowacyjne przedsiębiorstw działających na rynku makaronów, z drugiej strony – zagrożenie wynikające z faktu, iż ponad 1/3 przedsiębiorstw takich nakładów nie zwiększa, a ponad 10% – zmniejsza.

Tab. 1. Zmiana nakładów na wszelkie działania innowacyjne w badanych przedsiębiorstwach produkujących makarony

Wyszczególnienie	Procent wskazań
Zwiększyły się	55
Nie zmieniły się	34
Zmalały	11

N = 56, Źródło: badania przedsiębiorstw produkujących makarony, 09-10. 2014

Spośród przedsiębiorstw, które zadeklarowały zainteresowanie wprowadzaniem nowych produktów do oferty asortymentowej, zdecydowaną większość (75%) stanowiły małe i średnie przedsiębiorstwa; również plany podjęcia takich działań w najbliższym czasie zadeklarowały firmy z tej grupy (88%). Natomiast wśród podmiotów gospodarczych, które zadeklarowały, że nie prowadzą i nie planują wprowadzania nowych produktów w najbliższym czasie, zdecydowaną większość (83%) stanowiły mikroprzedsiębiorstwa (Tab. 2). Zjawisko to jest spowodowane

w dużej mierze możliwościami finansowymi firm, które są większe w przypadku małych i średnich przedsiębiorstw niż mikroprzedsiębiorstw.

Tab. 2. Deklaracja zainteresowania wprowadzaniem nowych produktów do oferty asortymentowej przez badane firmy w zależności od wielkości firmy

Wyszczególnienie	Procent wskazań	Mikroprzedsiębiorstwa [%]	Małe i średnie przedsiębiorstwa [%]	Istotność asymptotyczna (dwustronna) ^{a)}
Tak, takie działania są podejmowane w firmie	54	25	75	b.d.*
Tak, takie działania są planowane w najbliższym czasie	14	13	88	
Nie, firma nie prowadzi i nie planuje takich działań	32	83	17	

N = 54, Źródło: badania przedsiębiorstw produkujących makarony, 09-10. 2014

a) test chi-kwadrat Pearsona, zmienna grupująca – wielkość przedsiębiorstwa

* 33 % komórek ma liczebność oczekiwaną mniejszą niż 5

Działania innowacyjne w przedsiębiorstwach produkujących makarony polegały przede wszystkim na wprowadzaniu na rynek nowych lub zmodyfikowanych produktów (średnia 1,53), szkoleniu pracowników w związku z wprowadzaniem nowych lub istotnie ulepszonych produktów i/lub procesów (1,38), wdrażaniu nowych maszyn, urządzeń i narzędzi (1,28) a także prowadzeniu badań rynkowych/marketingowych lub zlecaniu takich badań podmiotom zewnętrznym (średnia 1) (Tab. 3). Zdecydowanie więcej działań innowacyjnych prowadziły w latach bezpośrednio poprzedzających badanie firmy małe i średnie; istotne statystycznie różnice w częstości prowadzenia działań innowacyjnych pomiędzy firmami w zależności od wielkości stwierdzono w przypadku wymienionych wyżej czynników, a także wprowadzania zmian w polityce cenowej przedsiębiorstwa, zmiany (udoskonalenie) procesów technologicznych w przedsiębiorstwie, wprowadzenia nowych technik sprzedaży, wdrożenia nowego systemu, techniki lub strategii zarządzania, modyfikacji lub zmiany relacji z innymi firmami lub instytucjami publicznymi, zmiany relacji z dostawcami (odbiorcami), wprowadzania nowych sposobów komunikacji z klientami (dostawcami), wdrożenia systemów zarządzania jakością i wiedzą, wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań w zakresie systemów dystrybucji (logistyki), zmiany (udoskonalenia) organizacji pracy (struktury organizacyjne) w przedsiębiorstwie, wprowadzenia nowej formy współpracy z partnerami (*outsourcing, franchising*). Można zatem stwierdzić, iż większość działań innowacyjnych jest zdecydowanie częściej prowadzonych przez firmy małe i średnie niż przez mikroprzedsiębiorstwa, przede wszystkim ze względów finansowych, a także organizacyjnych.

Tab. 3. Średnia liczba działań innowacyjnych prowadzonych w ostatnich latach* w badanych przedsiębiorstwach produkujących makarony w zależności od wielkości firmy

Wyszczególnienie	wartość średnia	Mikro- przedsię- biorstwa	Małe i średnie przedsię- biorstwa	Istotność asymptotyczna (dwustronna) ^{a)}
Wprowadziła na rynek nowe lub zmodyfikowane produkty	1,53	0,48	2,32	0,001
Szkoliła pracowników w związku z wprowadzaniem nowych lub istotnie ulepszonych produktów i/lub procesów	1,38	0,57	2,00	0,005
Wdrożyła nowe maszyny, urządzenia, narzędzia	1,28	0,62	1,81	0,009
Prowadzi/ła badania rynkowe /marketingowe (lub zlecała takie badanie podmiotom zewnętrznym)	1,00	0,57	1,35	0,029
Prowadziła w przedsiębiorstwie prace badawczo-rozwojowe (B+R)	0,96	0,45	1,37	0,058
Wprowadziła zmiany w polityce cenowej przedsiębiorstwa	0,86	0,29	1,29	0,002
Zmieniła/udoskonaliła procesy technologiczne przedsiębiorstwie	0,79	0,29	1,19	0,001
Wprowadziła nowe techniki sprzedaży	0,78	0,29	1,14	0,002
Wdrożyła nowy system/y, techniki lub strategię zarządzania	0,73	0,38	1,00	0,044
Zmodyfikowała lub zmieniła relacje z innymi firmami lub instytucjami publicznymi	0,73	0,14	1,19	0,009
Zmieniła relacje z dostawcami/ odbiorcami	0,71	0,24	1,07	0,003
Wprowadziła nowe sposoby komunikacji z klientami/ dostawcami	0,71	0,29	1,04	0,005
Wdrożyła systemy zarządzania jakością	0,69	0,19	1,07	0,001
Wdrożyła systemy zarządzania wiedzą	0,65	0,19	1,00	0,011
Wprowadziła innowacyjne rozwiązania w zakresie systemów dystrybucji (logistyki)	0,65	0,14	1,04	<0,001
Zmieniła/udoskonaliła organizację pracy (struktury organizacyjne) w przedsiębiorstwie	0,63	0,29	0,89	0,014
Zakupiła gotową technologię w postaci dokumentacji i/lub praw (licencje, prawa patentowe, ujawnienia know-how itp.)	0,58	0,40	0,72	0,065

Nabyła oprogramowanie związane z wprowadzeniem innowacji	0,47	0,33	0,58	0,312
Wprowadziła nową formę współpracy z partnerami (<i>outsourcing, franchising</i>)	0,37	0,14	0,54	0,045
Nabyła nowe budynki, grunty, nieruchomości	0,35	0,27	0,41	0,427
Zakupi/ła patenty, licencje, wynalazki, znaki towarowe	0,24	0,10	0,36	0,181

N = 54, Źródło: badania przedsiębiorstw produkujących makarony, 09-10. 2014

* odpowiedź na pytanie: „Jakie działania innowacyjne prowadziła w ostatnich latach Pani/Pana firma? (proszę wymienić liczbę zdarzeń)”

a) test Kruskala-Wallisa, zmienna grupująca – wielkość przedsiębiorstwa

Firmy produkujące makarony najczęściej deklarowały wprowadzanie innowacji produktowych polegających na zmianie receptury (składu) produktu (61%), będących modyfikacją produktu dla konsumenta (54%) oraz produktów w nowym opakowaniu (52%) (Tab. 4). Najrzadziej w analizowanych firmach wprowadzano innowacje związane ze zmianą technologii produkcji (45%) oraz polegające na zwiększeniu lub zmniejszeniu masy produktu (34%). Jest to spowodowane większą kosztochłonnością wprowadzania zaawansowanych innowacji technologicznych w porównaniu do drobnych modyfikacji składu, opakowania produktu czy technik marketingowych. Małe i średnie firmy produkujące makarony częściej deklarowały wprowadzanie większości innowacji produktowych; największe różnice stwierdzono w przypadku zmiany technologii produkcji (83%), zmiany masy produktu (82%) i wprowadzenia nowego produktu dla firmy (80%) (Tab. 4).

Tab. 4. Rodzaje innowacji produktowych w badanych firmach w zależności wielkości firmy

Wyszczególnienie	Procent wskazań	Mikro-przedsiębiorstwa [%]	Małe i średnie przedsiębiorstwa [%]	Istotność asymptotyczna (dwustronna) ^{a)}
Nowy produkt dla firmy	48	20	80	0,002
Nowy produkt na rynku	48	28	72	0,044
Nowy produkt dla konsumenta	54	32	68	0,107
Nowa receptura/skład	61	31	69	0,042
Nowe opakowanie	52	26	74	0,013
Zmiana technologii produkcji	45	17	83	0,001
Zwiększenie/zmniejszenie masy produktu	34	18	82	0,012
Inne (brak innowacji, nie dotyczy)	27	64	36	0,056

N = 54, Źródło: badania przedsiębiorstw produkujących makarony, 09-10. 2014

a) test chi-kwadrat Pearsona, zmienna grupująca – wielkość przedsiębiorstwa

Istotnie statystycznie różnice pomiędzy przedsiębiorstwami w zależności do ich wielkości stwierdzono w przypadku wymienionych wyżej czynników, a także wprowadzenia nowego produktu na rynku, produktu o nowej recepturze (składzie) i w nowym opakowaniu. Jedynie w przypadku odpowiedzi inne, która najczęściej dotyczyła braku prowadzenia działań innowacyjnych przez firmę, odpowiedzi udzielały głównie mikroprzedsiębiorstwa. Świadczy to o częstszym prowadzeniu działań o charakterze innowacji produktowych przez małe i średnie firmy produkujące makarony w porównaniu do mikroprzedsiębiorstw. Badania innych autorów wskazują również, że do najczęściej stosowanych działań innowacyjnych w firmach produkujących żywność należą innowacje produktowe, następnie technologiczne, a najrzadziej organizacyjne [Beckeman i in., 2013].

Większość badanych firm produkujących makarony jako etap w procesie rozwoju nowych produktów zadeklarowała tworzenie lub poszukiwanie pomysłów (70 %); nieco mniej deklaruje dokonywanie selekcji (wyboru) nowego produktu (46 %), testowanie koncepcji nowego produktu (43 %). Ponad 1/3 badanych firm dokonuje analizy ekonomiczno-finansowej nowego produktu i/lub testowanie serii próbnych nowego produktu (po 38 %). Testy marketingowe nowego produktu zadeklarowało zaledwie 21 % firm biorących udział w badaniu (Tab. 5).

Tab. 5. Etapy rozwoju nowych produktów w badanych przedsiębiorstwach produkujących makaron w zależności od wielkości firmy

Wyszczególnienie	Procent wskazań	Mikroprzedsiębiorstwa [%]	Małe i średnie przedsiębiorstwa [%]	Istotność asymptotyczna (dwustronna) ^{a)}
Tworzenie lub poszukiwanie pomysłów	70	38	62	0,297
Selekcja / wybór idei nowego produktu	46	21	79	0,004
Testowanie koncepcji nowego produktu	43	36	64	0,443
Analiza ekonomiczno-finansowa nowego produktu	38	21	79	0,018
Testowanie serii próbnych nowego produktu	38	37	63	0,529
Testy marketingowe nowego produktu	32	25	75	0,090
Inne	21	73	27	b.d.*

N = 54, Źródło: badania przedsiębiorstw produkujących makarony, 09-10. 2014

a) test chi-kwadrat Pearsona, zmienna grupująca – wielkość przedsiębiorstwa

* 25 % komórek ma liczebność oczekiwaną mniejszą niż 5

Świadczy to o tym, że firmy poszukują pomysłów na nowe produkty w otoczeniu firmy, jednak nie zawsze pomysły te przechodzą weryfikację zakończoną wprowadzeniem nowego produktu na rynek. Firmy małe i średnie zdecydowanie częściej niż mikroprzedsiębiorstwa korzystają z wielu etapów w procesie rozwoju nowych produktów, przede wszystkim takich jak selekcja/wybór idei nowego produktu i analiza ekonomiczno-finansowa nowego produktu (odpowiednio 79% i 79%), w przypadku których stwierdzono istotne statystycznie różnice pomiędzy firmami.

W przypadku odpowiedzi inne (najczęściej odpowiedzi „brak” i „nie dotyczy”), zdecydowanie przeważały mikroprzedsiębiorstwa. Świadczy to o częstszym korzystaniu z wieloetapowego procesu wprowadzania nowych produktów przez firmy małe i średnie, dysponujące większymi zasobami finansowymi niż mikroprzedsiębiorstwa. Potwierdza to wyniki badań innych autorów [Rudder i in., 2001], wg których proces wdrażania nowych produktów żywnościowych jest zwykle złożony i wieloetapowy. Obejmuje on najczęściej poszukiwanie pomysłu na nowy produkt, wybór konceptu/idei produktu, testowanie konceptów/produktów, ocenę rynkową, analizę biznesową i techniczną, testy rynkowe/walidacja, wprowadzanie produktów na rynek [Cooper, 2006; Kotler, 2003 Rosa i Rosa, 2007; Allen, 2003].

Wnioski

1. Większość firm produkujących makarony jest pozytywnie nastawiona do innowacji, czego wyrazem jest chęć zwiększenia nakładów na działania innowacyjne w najbliższym czasie. Chęć prowadzenia działań innowacyjnych jest związana z wielkością – a co za tym idzie – zasobnością firmy; najrzadziej chęć prowadzenia takich działań deklarowały mikroprzedsiębiorstwa.
2. Działania przedsiębiorstw produkujących makarony dotyczyły przede wszystkim na innowacji produktowych (wprowadzania na rynek nowych i zmodyfikowanych produktów), organizacyjnych (szkolenia pracowników w związku z ich wprowadzaniem), technologicznych (wdrażania nowych maszyn, urządzeń i narzędzi), a także marketingowych (prowadzenia lub zlecania podmiotom zewnętrznym badań marketingowych). Zdecydowanie więcej takich działań prowadziły firmy małe i średnie, które przeznaczają większe nakłady na innowacje.
3. Innowacje produktowe w badanych przedsiębiorstwach polegały przede wszystkim na zmianie receptury (składu) produktu oraz opakowania, zaś najrzadziej – na zmianie technologii produkcji i masy produktu, co jest spowodowane kosztochłonnością tych innowacji. Częściej działania o charakterze innowacji produktowych prowadziły firmy małe i średnie w porównaniu do mikroprzedsiębiorstw, co jest spowodowane ich sytuacją materialną.

4. Najważniejsze i najczęściej prowadzone etapy rozwoju nowych produktów w firmach produkujących makarony to poszukiwanie nowych pomysłów, selekcja (wybór) nowego produktu i testowanie koncepcji nowego produktu, zaś najrzadziej prowadzone działania to testy marketingowe nowych produktów. Świadczy to o poszukiwaniu pomysłów na nowe produkty w otoczeniu firmy, nie zawsze jednak jest to działanie konsekwentnie prowadzone do końca. Małe i średnie firmy zdecydowanie częściej niż mikroprzedsiębiorstwa korzystają z wielu etapów w procesie rozwoju nowych produktów, przede wszystkim takich jak selekcja/ wybór idei nowego produktu i analiza ekonomiczno-finansowa.

Badanie zostało wykonane w ramach Projektu Nr POIG.01.03.01-14-041/12 BIOPRODUKTY, innowacyjne technologie wytwarzania prozdrowotnych produktów piekarskich i makaronu o obniżonej kaloryczności" współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka

Literatura

- [1] Allen K.R.: Bringing New Technology to Market. Upper Saddle River, New Jersey 2003.
- [2] Altintzoglou T., Hansen K.B., Valsdottir T., Odland J.Ø., Martinsdóttir E., Brunsø K., Luten J.: Translating barriers into potential improvements: The case of new healthy seafood product development. Journal of Consumer Marketing, 2010, 27(3), 224-235.
- [3] Beckeman M., Bourlakis M., Olsson A.: The role of manufacturers in food innovations in Sweden. British Food Journal, 2013, 115, 7, 953-974.
- [4] Beckeman M., Skjoeldebrand C.: Clusters/network promote food innovation. Journal of Food Engineering, 2007, 79, 4, 1418-1425.
- [5] Chesbrough H.W.: The era of open innovation. MIT Sloan Management Review, 2003, 44, 3, 35-41.
- [6] Cooper R.G.: Managing technology development projects. Research Technology Management, 2006, 12(1), 31-45.
- [7] Costa A.I.A., Jongen W.M.F.: New insights into consumer-led food product development. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17, 8, 457-465.
- [8] Erickson P.: Partnering for innovation. Food Technology, 2008, 62, 1, 32-37.
- [9] Grunert K.G., Boutrup Jensen B., Sonne A. M., Brunso K., Byrne D.V., Clausen C., Friis A., Holm L., Hylding G., Heine Kristensen N., Lettl C., Scholderer J.: User-oriented innovation in the food sector: relevant streams of research and an agenda for future work. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19, 11, 590-602.
- [10] Grunert K.G., Harmsen H., Meulenberg M., Kuipe E., Ottowitz T., Declerk F., Traill B., Goransson G.: A framework for analysing innovation in the food

- sector. In: *Product and Process Innovation in the Food Industry*. Eds. B. Traill, K.G. Grunert. Blackie Academic & Professional, London, 1997, 1-37.
- [11] Grunert K.G., Valli C.: Designer-made meat and dairy products: Consumer-led product development. *Livestock Production Science*, 2001, 72(1-2), 83-98.
 - [12] Grunert, K.G.: Food quality and safety: consumer perception and demand, *European Review of Agricultural Economics*, 2005, 32, 3, 369-391.
 - [13] Hargadon A., Sutton R.I.: Building an innovation factory. *Harvard Business Review*, 2000, 78, 3.
 - [14] Hildreth P., Kimble Ch.: *Knowledge Networks: Innovation Through Communities of Practice*. Idea Group Publishing, USA, 2004.
 - [15] Jaeger S.R., Rossiter K.L., Wismer W.V., Harker F.R.: Consumer-driven product development in the kiwifruit industry. *Food Quality and Preference*, 2003, 14(3), 187-198.
 - [16] Kotler Ph.: *Marketing Management Analysis, Planning, Implementation and Control*. Mc Graw – Hill, New York 2003.
 - [17] Mascarenhas O.A., Kesavan R., Bernacchi M.: Customer value-chain involvement for co-creating customer delight. *Journal of Consumer Marketing*, 2004, 21, 7, 486-496.
 - [18] Oslo Manual: *Zasady gromadzenia i przetwarzania danych dotyczących innowacji*. Wydanie trzecie, Eurostat, Warszawa 2008.
 - [19] Patist A., Bates D.: Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2008, 9(2), 147-154.
 - [20] Rosa J., Rosa A.: Working paper: report on interviews on the commercialization of innovation. Science, Innovation and Electronic Information Division, Publications, <http://publications.gc.ca/site/eng/314274/publication.html>. 21.03.2007
 - [21] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego (WE) nr 1924/2006 z dnia 20 grudnia 2006r. w sprawie oświadczeń żywieniowych i zdrowotnych dotyczących żywności. *Dz. Urz. UE L 404*, z 30.12.2006.
 - [22] Rudder A., Ainsworth P., Holgate, D.: New food product development: Strategies for success. *British Food Journal*, 2001, 103(9), 657-671.

WPLYW DODATKU OTRĄB PSZENNYCH NA WŁAŚCIWOŚCI JOGURTÓW NATURALNYCH

MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO, STANISŁAW MLEKO, DARIUSZ M. STASIAK, AGNIESZKA LATOCH, ANNA OKOŃ, JAROSŁAW MAZURKIEWICZ, PIOTR ZARZYCKI, ANNA WIRKIJOWSKA, BEATA DOMŻAŁ, BEATA PASTERNAK

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku otrąb pszennych na właściwości reologiczne, teksturalne, organoleptyczne oraz barwę jogurtów otrzymanych metodą termostatową. Oznaczono wartości modułów zachowawczego i stratności, parametry tekstury w teście TPA, barwę oraz podjęto próbę korelacji uzyskanych wartości z parametrami analizy organoleptycznej. Wraz ze wzrostem zawartości otrąb pszennych rosła twardość, adhezyjność, spoistość, gumowatość oraz wartości modułów zachowawczego i stratności. Podobnie wraz ze wzrostem zawartości otrąb zachowywały się parametry oceny organoleptycznej. Stwierdzono istnienie korelacji pomiędzy wyznacznikami tekstury a parametrami oceny organoleptycznej. Dodatek otrąb pszennych do jogurtu naturalnego powodował ciemnienie jego barwy. Jogurt z dodatkiem otrąb pszennych może być zalecany w diecie osób aktywnych fizycznie i sportowców.

Słowa kluczowe: jogurt, otręby, reologia, tekstura, właściwości organoleptyczne

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się wyraźny wzrost spożycia mlecznych napojów fermentowanych. Najbardziej popularny z nich – jogurt, jest jednym z najczęściej spożywanych mlecznych produktów fermentowanych na świecie. Produkt ten ceniony jest przez konsumentów ze względu na jego właściwości odżywcze, prozdrowotne i dietetyczne (Kip i inni, 2006). Jogurty są produktami o strukturze żelowej, utworzonej przez trójwymiarową sieć kazeinowych agregatów powstałych po doprowadzeniu pH mleka do punktu izoelektrycznego. Jogurt produkowany jest podczas fermentacji mlekowej przy użyciu bakterii *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*. Obniżenie pH do około 4,6 następuje na skutek wydzielania kwasu mlekowego. Pozostałe metabolity bakterii fermentacji mlekowej nadają jogurtowi odpowiednie walory smakowo- zapachowe. Tekstura jogurtu jest kształtowana przez żelową matrycę kazeinową oraz przez kuleczki tłuszczu. Jogurty o obniżonej zawartości tłuszczu charakteryzują się gorszą konsystencją oraz zwiększoną synerezą (Aquirre-Mandujano i inni, 2009).

Jogurty charakteryzują się bardzo szeroką gamą tekstury. Produkowane są jogurty z przeznaczeniem do picia, jogurty zżelowane o średniej lepkości, jogurty o teksturze kremowej, aż po jogurty typu greckiego, silnie zżelowane, podwyższonej zawartości suchej masy i wysokiej lepkości. Dużym zainteresowaniem konsumentów cieszą się jogurty z dodatkami smakowymi, takimi jak dżemy owocowe, pulpy, orzechy, karmel czy bakalie (Tamime i Robinson, 2007). Dodatki te zwiększają atrakcyjność sensoryczną produktu, jednak zwiększają zawartość cukrów prostych, kaloryczność oraz obniżają zawartość białka. Z punktu widzenia świadomego konsumenta, poszukującego na rynku żywności o cechach funkcjonalnych, należałoby szukać takich dodatków, które nie zwiększą w sposób istotny kaloryczności produktu, ale wzbogacą go w dodatkowe wartości odżywcze. Taką funkcję mogą pełnić dodatki pochodzenia zbożowego wykazujące pozytywny wpływ na układ trawienny. Szczególnie cenionymi dodatkami w tej grupie są nasiona amarantusa, orkisz czy otręby pszenne, żytnie lub owsiane. Zawierają one w swoim składzie białko o wysokiej wartości odżywczej, tłuszcze z wysoką zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych, błonnik pokarmowy oraz składniki mineralne takie jak wapń, magnez, potas czy żelazo (Sady i inni, 2007). Zawartość dodatków kształtujących teksturę, takich jak np. polisacharydy czy dodatek produktów zwiększających zawartość suchej masy umożliwia wyprodukowanie całej gamy produktów o różnym zastosowaniu (Lee i Lucey, 2010). W niektórych krajach takich jak Francja, za jogurt uznaje się tylko taki produkt, którego tekstura jest kształtowana wyłącznie przez białka mleka. Każdy inny produkt, w którym tekstura jest kształtowana przez dodatek zagęstników jest uważany za deser mleczny. W większości krajów nie istnieje podobna do francuskiej regulacja i jako substancje kształtujące teksturę jogurtu stosuje się skrobie, skrobie modyfikowane, mączkę chleba świętojańskiego, gumę guarową, gumę ksantanową, karagen, gumę tragakantową, pektynę i żelatynę. Użycie substancji zagęszczających – żelujących pozwala na otrzymywanie jogurtów o obniżonej zawartości tłuszczów, ale o właściwościach teksturalnych zbliżonych do jogurtów pełnotłustych. W momencie pojawienia się przypadków zachorowania na chorobę „wściekłych krów”, czyli chorobę Creutzfeldta-Jakoba, w wielu krajach odstąpiono od stosowania żelatyny jako substancji żelującej do jogurtów i zwrócono się w kierunku polisacharydowych hydrokoloidów. Odpowiednia kombinacja tych substancji żelująco - zagęszczających pozwala uzyskać jogurty o bardzo zróżnicowanej teksturze: od kremowych do zżelowanych. Wysoka wartość odżywcza jogurtów wynika z zawartości i biodostępności podstawowych składników odżywczych (Torre i inni, 2003). Obok właściwości odżywczych rośnie zainteresowanie konsumentów produktami o działaniu profilaktycznym – prozdrowotnym. Wzrasta spożycie biojogurtów, czyli jogurtów do których dodano obok tradycyjnych bakterii fermentacji mlekowej również mikroflorę jelitową. Tego typu produktom funkcjonalnym przypisuje się obniżanie poziomu

cholesterolu, aktywność przeciwnowotworową, jak też działanie immunostymulujące na organizm człowieka. Jakość jogurtu i zachowanie jego właściwości prozdrowotnych przez okres jego przydatności do spożycia zależy od przeżywalności bakterii mlekowych i ewentualnie bakterii probiotycznych (Sady i inni, 2007). Na rynku obserwuje się wyraźną tendencję do wzbogacania produktów w związki zwiększające ich wartości odżywcze, strawność oraz biodostępność zawartych w nich substancji ze względu na pozytywny wpływ jaki wywierają na organizm człowieka. Obecnie w praktyce przemysłowej stało się już normą wzbogacanie jogurtów w wapń czy magnez (Aportela-Palacios i inni, 2005). Dodatek prebiotyków do jogurtów stosuje się w celu uzyskania lepszego wzrostu bakterii probiotycznych oraz utrzymania funkcjonalności jogurtów na odpowiednim poziomie (Libudzisz, 1999). Niekorzystne warunki środowiskowe mogą wpływać ujemnie na przeżywalność bakterii w napojach fermentowanych. Dlatego tak istotne jest określenie jaki wpływ na przeżywalność bakterii mają dodatki smakowo- zapachowe i teksturotwórcze (Sady i inni, 2007). Obok właściwości prebiotycznych dodatek takich substancji, np. inuliny czy oligofruktozy, poprawia właściwości reologiczne jogurtów i zmniejsza wielkość synerезy (Skrzypczak i Gustaw, 2012). Według definicji podanej przez Kołożyn-Krajewską i Sikorę, (2004) otrębami zbożowymi określane są „produkty uboczne, otrzymywane w trakcie przerobu ziarna zbóż na mąkę lub kasze. W ich skład wchodzi rozdrobnione cząstki okrywy owocowo-nasiennej, pozbawione lub zawierające niewielkie ilości cząstek bielma lub zarodka”. W praktyce otrzymuje się otręby pełne, tzw. „tłuste” oraz otręby „chude”. Otręby pełne zawierają mało cząstek okrywy, a dużo bielma, natomiast w skład otręb „chudych” wchodzi niewielka ilość bielma oraz dużo cząstek otrębiastych pochodzących z okrywy owocowo-nasiennej. W rzeczywistości trudno jest znaleźć kilka prób otręb o identycznym składzie (Gąsiorowski 2002). Otręby są uznawane za produkt o właściwościach prebiotycznych korzystnie wpływający na układ pokarmowy człowieka (Śliżewska i inni, 2013). Coraz częściej są one dodawane do różnego rodzaju produktów spożywczych takich jak np. desery, wyroby czekoladowe, ciasta czy wędliny. W ostatnim czasie, zwłaszcza wśród osób zajmujących się rekreacją fizyczną, występuje zainteresowanie dodatkiem otręb do jogurtów. W literaturze istnieje bardzo niewiele badań dotyczących wpływu dodatku otręb do jogurtu. Najbardziej istotnymi właściwościami mlecznych napojów fermentowanych, które decydują o ich jakości są właściwości reologiczne, teksturalne, barwa oraz właściwości organoleptyczne. Celem badań było określenie wpływu dodatku otręb pszennych na powyższe właściwości jogurtów naturalnych.

Materiał i metody badań

Surowcem do produkcji jogurtów było pełne mleko w proszku (OSM Krasnystaw) oraz otręby pszenne (Sante, A. Kowalski Sp. j., Warszawa).

Do produkcji jogurtu stosowano szczepionkę YC-X11, Yo-Flex, Thermophilus Lactic Culture (Chr. Hansen, Polska).

Proszek mleczny rozpuszczono w wodzie destylowanej poprzez ciągłe mieszanie przy użyciu mieszadła magnetycznego i znormalizowano zawartość suchej masy beztłuszczowej do 11,5 %. Następnie mleko spasteryzowano w temperaturze 80°C przez 30 min. w łaźni wodnej, po czym schłodzono do temperatury zaszczepiania, która wynosiła 45°C. Roztwory zaszczepiono szczepionką jogurtową w ilości 0,015g na 100g mleka. Następnie przeprowadzono inkubację w temperaturze 45°C przez ok. 4 h. Po obniżeniu pH do około 4,6 do jogurtów dodano otręby pszenne w ilości 5, 10, 15 % i całość mieszano przy użyciu mieszadła magnetycznego przez 10 min. Jogurty przechowywano w lodówce przez okres 20 godzin w temperaturze 4°C. Przed analizą próbki doprowadzono do temperatury pokojowej (20°C) przez okres 2 godzin. Próbkę analizowano przy użyciu poniższych metod.

Metody badań

Właściwości reologiczne jogurtów określano przy użyciu reometru oscylacyjnego RheoStress 300 (Thermo Haake, Karlsruhe, Niemcy). Do badań używano geometrii ponacinanych płytek. Średnica obu płytek wynosiła 34 mm, a wielkość szczeliny pomiędzy nimi była równa 2 mm. Przed przystąpieniem do testów oscylacyjnych wyznaczono liniowy zakres lepkości przez przemiatanie odkształceniem przy częstotliwości drgań 1 Hz. Przemiatanie częstotliwością wykonywano przy odkształceniu 0,01% i częstotliwości 0,1-10 Hz. Pomiarów czasu żelowania dokonywano przy odkształceniu 0,01% i częstotliwości 1 Hz. Wszystkie pomiary wykonano w temperaturze 20°C kontrolowanej łaźnią wodną Haake DC 30 (Thermo Haake, Karlsruhe, Niemcy). Wyniki rejestrowane za pomocą komputera, wykorzystując oprogramowanie Rheo Win Job Manager (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA).

Przeprowadzano analizę profilową tekstury (TPA) jogurtów przy użyciu testu penetracji (puncture test) stosując analizator tekstury TAXT2i (Stable Micro Systems, Haselemere, Wielka Brytania). Testów dokonywano przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s i 70% deformacji. Używano trzpienia o średnicy 10 mm wykonanego ze stali nierdzewnej. Wyniki w postaci twardości, adhezyjności, spoistości i gumowatości próbek były generowane przy użyciu programu komputerowego Texture Expert version 1,05 (Stable Micro Systems, Haselemere, Wielka Brytania). Wyniki przedstawiają średnią arytmetyczną z sześciu powtórzeń.

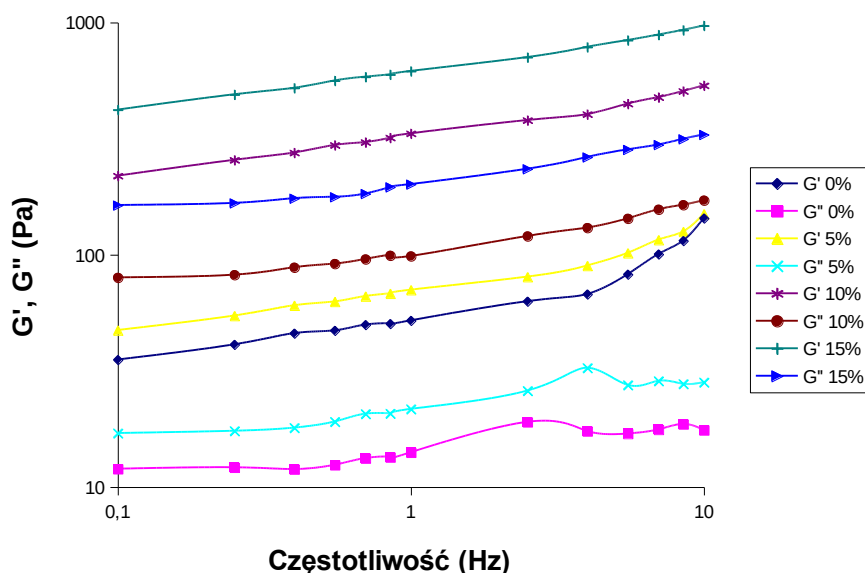
Ocena organoleptyczna została przeprowadzona metodą 10 – punktową, gdzie 10 było oceną najwyższą dla cechy najbardziej wyczuwalnej, najbardziej charakterystycznej, a 1 pkt oceną najniższą dla cechy najmniej wyczuwalnej, najmniej charakterystycznej. W badaniach wzięło udział 30 osób. Oceniano kolor, stopień spójności, przylegalności i twardości jogurtu. Podane wartości są średnią arytmetyczną uzyskanych wyników.

Pomiaru parametrów barwy dokonywano w temp. 20°C, metodą odbiciową przy

użyciu spektrofotometru sferycznego firmy X-Rite (USA) z otworem pomiarowym o średnicy 25,4 mm. Jogurty (warstwa około 15 mm) zawijano w bezbarwną, przylegającą folię do żywności. Stosowano źródło światła D65 i standardowy obserwator kolorymetryczny o polu widzenia 10°. Wyniki wyrażano w jednostkach (CIE) $L^*a^*b^*$.

Wyniki i dyskusja

Wiedza na temat właściwości reologicznych, w szczególności wiedza na temat struktury i zjawisk dotyczących relaksacji w matrycach żywnościowych jest bardzo istotna z technologicznego punktu widzenia (Cuthbert-Steven i inni, 2009). Właściwości reologiczne jogurtu naturalnego i jogurtu naturalnego z dodatkiem otrąb badano za pomocą reologii małych odkształceń, które nie powodowały zniszczenia ich struktury.



Rys. 1. Wpływ częstotliwości na wartości modułu zachowawczego G' i modułu stratności G''

Na Rys. 1 przedstawiono zależność modułów: zachowawczych G' i stratności G'' od częstotliwości. Z przedstawionego poniżej wykresu wynika, że wraz z dodatkiem otrąb pszennych wartości modułu zachowawczego i modułu stratności wzrastają. Im większy jest dodatek otrąb pszennych tym większy jest wzrost wartości modułów. Otrzymywany jogurt jest coraz mocniejszym materiałem w sensie właściwości lepko – sprężystych. Wraz ze wzrostem częstotliwości rośnie wartość modułów. Wartości modułu zachowawczego są

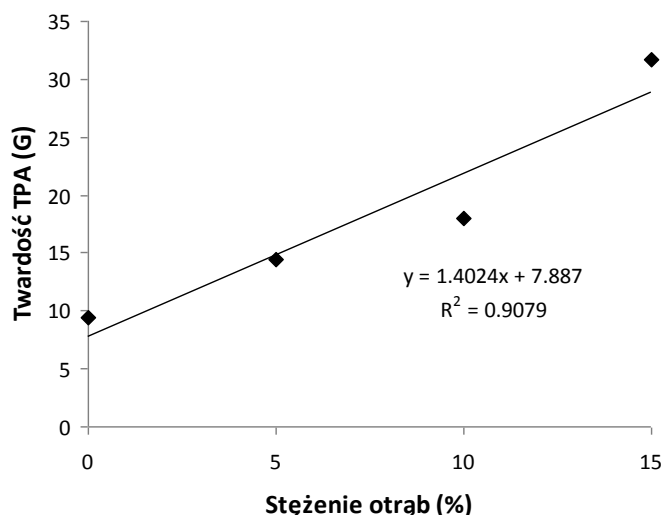
ok. 4 razy większe niż wartości modułu stratności. Pozwala to wnioskować, iż otrzymany jogurt należy do słabych żeli. Przy większej częstotliwości drgań zaobserwowano, że układ zachowywał się jak materiał coraz bardziej elastyczny. Wynika to z tego, że przy większej częstotliwości drgań materiał ma mniej czasu na relaksację i przy zwiększonym czasie odkształcenia materiał jest bardziej sprężysty. Gustaw i inni (2007) stwierdzili, iż zastosowanie mieszanin karagenu z mączką chleba świętojańskiego i gumy ksantanowej z galaktomannami wpłynęło na poprawę tekstury jogurtów otrzymywanych metodą termostatową w porównaniu do jogurtów otrzymanych przy dodatku tylko jednego polisacharydu.

Tekstura jest jedną z najważniejszych właściwości, która determinuje jakość jogurtu i jego akceptowalność przez konsumentów. Tab. 1 przedstawia wartości parametrów tekstury w zależności od stężenia dodanych otręb pszennych do jogurtu naturalnego.

Tab. 1. Wpływ dodatku otręb pszennych na parametry tekstury TPA

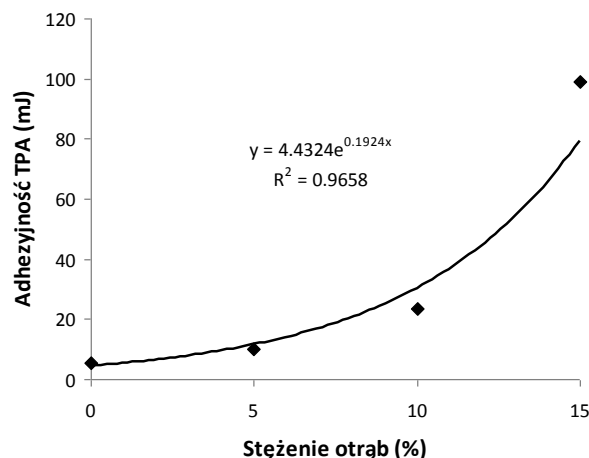
Parametr tekstury	0%	5%	10%	15%
Twardość (G)	9,46	14,47	18,05	31,64
Adhezyjność (mJ)	5,28	10,17	23,38	98,88
Spoistość	0,64	0,77	0,85	0,96
Gumowatość (G)	9,06	11,11	15,32	24,02

Wraz z dodatkiem otręb pszennych twardość wzrasta. Nastaj i Gustaw (2008) zaobserwowali poprawę właściwości reologicznych jogurtów z dodatkiem inuliny i oligofruktozy. Dodatek polisacharydów powodował wzrost twardości i lepkości jogurtów oraz ograniczały synerезę. Rys. 2 przedstawia korelację pomiędzy zawartością otręb a twardością jogurtu.



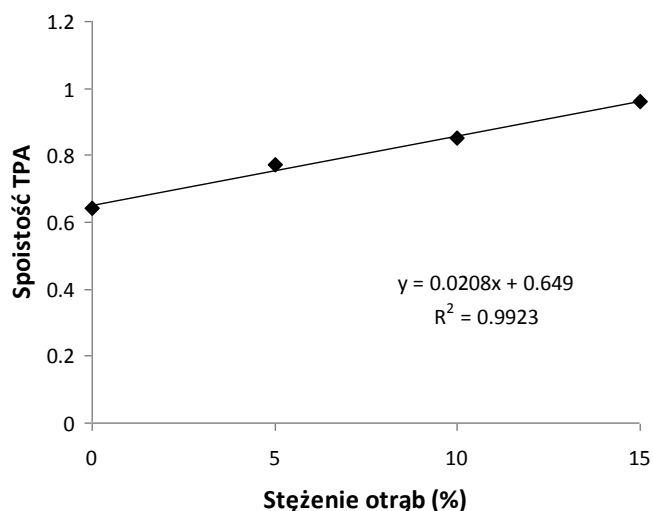
Rys. 2. Korelacja pomiędzy stężeniem otręb a twardością jogurtu

Zaobserwowano liniową korelację pomiędzy tymi wielkościami, tak więc dodatek otrąb pszennych do jogurtu będzie powodował stały liniowy wzrost jego twardości. Wraz z dodatkiem otrąb pszennych zaobserwowano wzrost adhezyjności jogurtu (Tab. 1). W przypadku tego parametru tekstury stwierdzono, iż zależność pomiędzy zawartością otrąb a adhezyjnością jogurtu można opisać przy użyciu krzywej wykładniczej (Rys. 3).



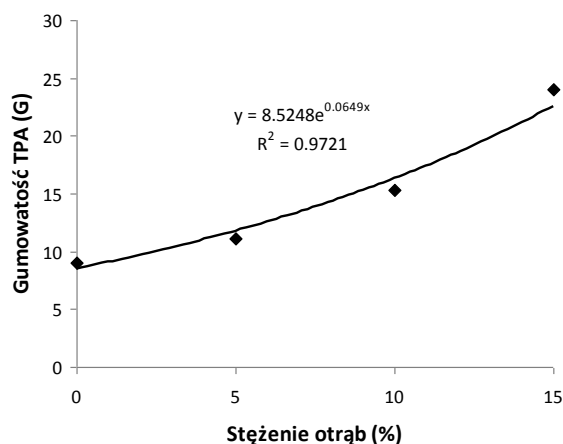
Rys. 3. Korelacja pomiędzy stężeniem otrąb a adhezyjnością jogurtu

Oznacza to, iż dodatek otrąb powoduje iż jogurt coraz bardziej przywiera do ścianek naczynia. Rys. 4 przedstawia wpływ stężenia otrąb na spoistość jogurtów. Zaobserwowano korelację liniową z wysoką wartością współczynnika $R^2 = 0,99$. Podobnie jak w przypadku adhezyjności, w stosunku do gumowatości również zaobserwowano wykładniczą zależność pomiędzy tą cechą a stężeniem otrąb pszennych (Rys. 5).



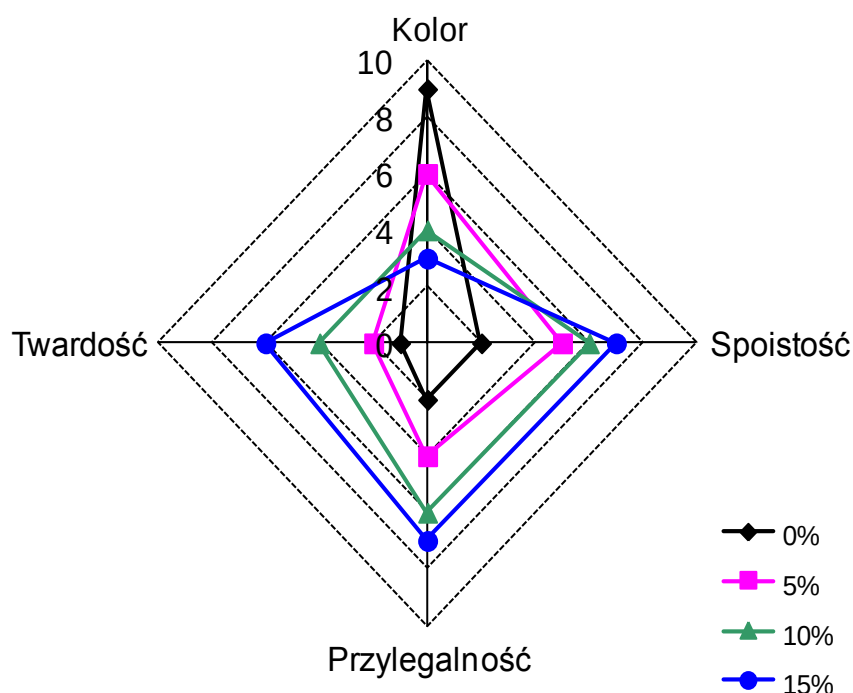
Rys. 4. Korelacja pomiędzy stężeniem otrąb a spoistością jogurtu

Rys. 6 przedstawia parametry oceny organoleptycznej jogurtów z dodatkiem otręb psennych. Podczas oceny powyższych cech jogurtu założono, że siły wiązań wewnętrznych utrzymujących produkt jako całość, z punktu widzenia tekstury nazywane są spójnością. Zaś praca potrzebna do pokonania sił przyciągania pomiędzy powierzchnią produktu żywnościowego a innymi ciałami, z którymi wchodzi w kontakt (język, zęby, nóż, podniebienie) reprezentowana jest przez przylegalność (Sołowiej, 2012). Lepkość określa płynność produktu pod wpływem przyłożonej siły. Produkt mający dużą lepkość, a więc małą płynność wykazuje tym samym wysoką twardość.



Rys. 5. Korelacja pomiędzy stężeniem otręb a gumowatością jogurtu

Wraz ze wzrostem dodatku otręb psennych zaobserwowano wzrost wartości mierzonych parametrów oceny organoleptycznej. Przeprowadzono analizę korelacji pomiędzy wartościami parametrów oceny organoleptycznej a odpowiadającymi im parametrami oceny tekstury TPA. Spójności w analizie organoleptycznej odpowiada spoistość w analizie TPA, natomiast przylegalności w analizie organoleptycznej odpowiada adhezyjność w analizie TPA. W stosunku do odpowiadających sobie cech zaobserwowano korelację wykładniczą (R^2 w zakresie 9,96 - 9,99, wykresy nie zostały pokazane), a więc wraz ze wzrostem odpowiedniego parametru oceny organoleptycznej zaobserwowano również wzrost odpowiedniego parametru tekstury, jednakże nie były to zależności liniowe. Jogurt z mleka bawolego z dodatkiem otręb psennych uzyskał wysokie oceny w analizie sensorycznej przeprowadzonej przez Simanca i innych (2013). Z przeprowadzonej oceny organoleptycznej wynika, że wraz ze wzrostem zawartości otręb psennych rośnie spójność jogurtu, a tym samym siły wiązań wewnętrznych utrzymujących produkt jako całość. Produkt staje się bardziej przylegalny i zarazem twardy, dlatego należy użyć większej pracy aby pokonać siły przyciągania pomiędzy powierzchnią produktu żywnościowego a innymi materiałami.



Rys. 6 Parametry oceny organoleptycznej wybranych cech jogurtu naturalnego z dodatkiem otrąb pszennych

Tab. 2 przedstawia wartości parametrów kolorymetrycznych jogurtu naturalnego z dodatkiem otrąb. Z przeprowadzonych badań wynika, że najjaśniejszy jest jogurt naturalny bez dodatków, zaś w miarę dodawania otrąb kolor jest coraz ciemniejszy. Jogurt naturalny z dodatkiem otrąb pszennych może pełnić ważną rolę w diecie sportowców oraz osób aktywnych fizycznie. Dodatek ten, nie zwiększając w istotny sposób kaloryczności produktu poprawia jego walory prozdrowotne.

Tab. 2. Parametry barwy dla jogurtu z dodatkiem otrąb pszennych

Dodatek otrąb pszennych (%)	Parametr L	Parametr a	Parametr b
0	94,92	-2,25	9,78
5	80,49	3,37	11,09
10	73,49	5,86	14,16
15	67,02	7,27	16,65

Wnioski

1. Dodatek otrąb pszennych do jogurtu naturalnego powoduje poprawę jego właściwości lepkosprężystych.
2. Wraz z dodatkiem otrąb pszennych znacznie wzrasta twardość, adhezyjność, spoistość i gumowatość jogurtu.
3. Dodatek otrąb powoduje wzrost wartości parametrów oceny organoleptycznej. Zaobserwowano istnienie korelacji pomiędzy parametrami analizy organoleptycznej a parametrami tekstury TPA.
4. Dodatek otrąb powoduje ciemnienie jogurtu.

Literatura

- [1] Aportela-Palacios A., Sosa-Morales M.E., Velez-Ruiz J.F.: Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. *Journal of Texture Studies*, 2005, 36, 333-349.
- [2] Aquirre-Mandujano E., Lobato-Calleros C., Beristain C.I., Garcia H.S., Vernon- Carter E. J.: Microstructure and viscoelastic properties of low-fat yoghurt structured by monoglyceride gels. *Food Science and Technology*, 2009, 42, 938- 944.
- [3] Cuthbert-Steven J., Piccinali P., Butikofer U., Eberhard P.: Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. *International Dairy Journal*, 2009, 19, 107-115.
- [4] Gąsiorowski H.: Aspekty profilaktyczne pszenicy i jej produktów, część IV - Uszlachetnianie otrąb, *Przegląd Zbożowo- Młynarski*, 2002, 5, 4-5.
- [5] Gustaw W., Nastaj M., Sołowiej B.: Wpływ wybranych hydrokoloidów na właściwości reologiczne jogurtu stałego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 5(54), 274-282.
- [6] Kip P., Meyer D., Jellema R.: Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *International Dairy Journal*, 2006, 16(9), 1098-1103.
- [7] Kołożyn-Krajewska D., Sikora T.: *Towaroznawstwo żywności*, Wydawnictwo WSiP, Warszawa, 2004.
- [8] Lee W.J., Lucey J.A.: Formation and physical properties of yoghurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 2010, 23, 1127-1136.
- [9] Libudzisz Z.: *Probiotyki w żywieniu człowieka*. Przemysł Spożywczy, 1999, 1, 15-20.
- [10] Nastaj M., Gustaw W.: Wpływ wybranych prebiotyków na właściwości reologiczne jogurtu stałego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 5(60), 217-225.
- [11] Sady M., Domagała J., Grega T., Kalicka D.: Wpływ czasu przechowywania na mikroflorę jogurtów z dodatkiem nasion amarantusa i ziaren owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 6(55), 242-250.

- [12] Simanca M.M., Andrade R.D., Arteaga M.R.: Effect of bran wheat on the physico-chemical and sensory properties of buffalo milk yoghurt. *Informacion Technologica*, 2013, 24(1), 79-86.
- [13] Skrzypczak K., Gustaw W.: Wpływ dodatku prebiotyków i białek serwatkowych na właściwości fizykochemiczne biojogurtów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2012, 5 (84), 155-165.
- [14] Śliżewska K., Nowak A., Barczyńska R., Libudzisz Z.: Prebiotyki - definicja, właściwości i zastosowanie w przemyśle. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2013, 1(86), 5 – 20.
- [15] Sołowiej B.: Ocena właściwości serków homogenizowanych dostępnych na rynku lubelskim. *Bromatologia. Chemia. Toksykologia*, 2012, 3, 923–929.
- [16] Tamime A.Y., Robinson R.K.: *Yogurt: Science and Technology*. Eds.: A.Y. Tamime, R.K. Robinson. Abington, UK, Woodhead Publishing Limited, 2007, 98-105.
- [17] Torre L.L., Tamime A.Y., Muir DD.: Rheology and sensory profiling of set-type fermented milks made with different commercial probiotic and yoghurt starter cultures. *International Journal of Dairy Technology*, 2003, 56(3), 163-170.

WPLYW DODATKU RAZÓWKI JĘCZMIENNEJ NA WYBRANE CECHY JAKOŚCIOWE PIECZYWA

ANNA WIRKIJOWSKA, ZBIGNIEW RZEDZICKI, PIOTR ZARZYCKI,
ALDONA SOBOTA, EMILIA SYKUT – DOMAŃSKA, EWELINA
KUZAWIŃSKA, KATARZYNA BARTOSZEK, STANISŁAW MLEKO,
MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO

Streszczenie

Szerząca się pandemia chorób cywilizacyjnych dietozależnych wymusza na producentach żywności zmianę technologii produkcji w kierunku wzbogacania żywności w składniki funkcjonalne np. błonnik pokarmowy. Zastosowanie komponentów jęczmiennych jako zamienników mąki pszennej poprawia wartość żywieniową pieczywa i wzbogaca je w cenne prebiotyczne frakcje błonnika pokarmowego. W pracy badano wpływ dodatku mąki razowej z jęczmienia nagiego na przebieg procesu wypieku pieczywa pszennego (wydajność pieczywa, upiek, strata piecowa całkowita) oraz na cechy jakościowe (objętość 100 g pieczywa, wilgotność miękiszu). Dodatkowo pieczywo pszenno – jęczmienne zostało poddane ocenie konsumenckiej w celu określenia stopnia jego atrakcyjności. Badania wykazały, że dodatek razówki jęczmiennej nie tylko daje możliwość uzyskania pieczywa wzbogaconego w błonnik pokarmowy, ale jednocześnie pozwala na zachowanie cech sensorycznych charakterystycznych dla tradycyjnego pieczywa pszennego.

Słowa kluczowe: pieczywo jasne, razówka jęczmienna, błonnik pokarmowy

Wprowadzenie

Pieczywo jest produktem zbożowym cieszącym się największym powodzeniem konsumentów. Mimo obserwowanego znaczącego spadku jego spożycia, nadal rocznie konsumujemy go ok. 50kg/osobę [GUS, 2014]. Na rynku dostępny jest bardzo szeroki asortyment pieczywa: pszenne, mieszane (pszenno-żytnie, żytnio-pszenne), razowe i pełnoziarnowe. Ponadto coraz częściej spotyka się pieczywo wzbogacane np. dodatkiem roślin strączkowych [Korus i in., 2002].

Konsumentów w Polsce nadal preferują pieczywo jasne o niższej zawartości błonnika. Taka tendencja zachowań konsumentów, przy jednoczesnym wzroście ilości osób cierpiących na nadwagę, otyłość i inne choroby dietozależne, generuje konieczność wprowadzania do pieczywa komponentów wysokobłonnikowych.

Ze względu na specyficzny skład frakcyjny białek i cukrowców, zarówno jęczmień jak i jego przetwory nie mogą być podstawowym surowcem do produkcji chleba. Można je natomiast wprowadzać jako zamienniki mąki chlebowej. Uzyskane w ten sposób pieczywo wzbogacone w szczególnie cenne prebiotyczne frakcje błonnika pokarmowego nabywa cech żywności funkcjonalnej [Sánchez-Muniz, 2012; Sudha i in, 2007; Topping, 2007].

Wykorzystanie surowca jęczmiennego w piekarnictwie wiąże się z wieloma trudnościami technologicznymi. Białka jęczmienia nie wykazują właściwości glutenu pszennego. Wysoka zawartość β -glukanów i pentozanów wymaga modyfikowania tradycyjnych receptur procesu technologicznego. Rodzaj wsadu jęczmiennego, jego procentowy udział, sposób wprowadzenia do ciasta, a także metoda prowadzenia ciasta wpływają na zróżnicowanie wskaźników jakościowych pieczywa [Škrbić i in., 2009]. Wprowadzenie przetworów jęczmiennych, podobnie jak owsianych, wpływa na wydajność i kwasowość ciasta, objętość pieczywa, wilgotność i kwasowość pieczywa oraz na strukturę, smak i zapach miękiszu [Andersson i in., 2004; Karolini-Skaradzińska i in., 2006; Alu'datt i in., 2012].

Produkty jęczmienne wprowadzane do ciasta pszennego powodują wzrost wodochłonności dzięki wysokiej zawartości pentozanów i β -glukanów [Karolini-Skaradzińska i in., 2006]. Komponenty jęczmienne zwiększając wodochłonność ograniczają jednocześnie dostępność wody do granul skrobiowych w czasie ich kleikowania [Brennan, Celary, 2007]. Zdolności modyfikowania właściwości reologicznych ciasta warunkowane są także granulacją surowca jęczmiennego. Rodzaj stosowanych komponentów jęczmiennych warunkuje wydajność ciasta pszenno-jęczmiennego oraz czas jego fermentacji [Škrbić i in., 2009]. Dodatek produktów jęczmiennych powoduje wzrost kwasowości ciasta. Kwasowość zależy od rodzaju i ilości komponentu jęczmiennego oraz warunków prowadzenia ciasta [Kawka, Konieczna, 2002].

Sprzeczne są doniesienia literaturowe dotyczące wpływu komponentów jęczmiennych na objętość pieczywa. W wielu pracach [Kawka, Konieczna, 2002; Karolini-Skaradzińska i in., 2006; Škrbić i in., 2009] wykazano, że produkty jęczmienne dodawane w ilości do 10% nie powodują obniżenia objętości pieczywa i nie zmieniają charakterystyki jego miękiszu. Przy 5% dodatku wręcz odnotowywano wzrost objętości bochenków [Karolini-Skaradzińska i in., 2006]. Większy niż 10% dodatek komponentów jęczmiennych powodował spadek objętości pieczywa uzależniony od rodzaju produktu jęczmiennego i jego procentowego udziału w pieczywie. Inne badania [Cavallero i in., 2002; Symonsa, Brennana, 2004] z kolei wykazały spadek objętości pieczywa bez względu na wielkość udziału surowca jęczmiennego. Obecność β -glukanów i arabinoksylianów w masie ciasta wpływa na osłabienie właściwości lepkością glutenu, a tym samym zmniejsza zdolność do zatrzymywania gazów w cieście. Takie warunki powstają także w wyniku wzrostu ilości białek rozpuszczalnych oraz zmniejszania się ilości frakcji prolamin i glutelin [Kawka i in., 2005].

Miękisz chlebów pszenno-jęczmiennych jest elastyczny, lekko wilgotny, o barwie nieco ciemniejszej niż u tradycyjnego pieczywa pszennego [Czubaszek i in., 2005]. Trogh i wsp. [2004] dokonując modyfikacji parametrów procesu wypieku otrzymali chleb pszenno-jęczmienny o zadowalającej jakości nawet przy 40% udziale pełnoziarnowej mąki jęczmiennej. Złagodzenie skutków obecności błonnika pokarmowego i rozcieńczenia glutenu pszennego można zniwelować dodatkiem glutenu witalnego (3%), stearylo-2mleczanu sodu (0.25%) lub ksylanazy [Trogh i in., 2004]. Badania Hopek i wsp. [2006] wskazują na możliwość zastąpienia 2-6% mąki pszennej mąką zaparzaną, co skutkuje wzrostem objętości pieczywa i przedłużeniem jego trwałości.

Wielu badaczy podnosi problem negatywnego oddziaływania fermentacji ciasta na rozpuszczalne frakcje błonnika pokarmowego powodując częściową depolimeryzację (1-3)(1-4)- β -D-glukanów oraz zmniejszenie ich masy cząsteczkowej [Åman i in., 2004; Andersson i in., 2004; Trogh i in., 2004; Jacobs i in., 2008]. Powodem depolimeryzacji β -glukanów jest aktywność endogennej β -glukanazy zawartej w mące i w drożdżach. Nawet niewielki poziom tego enzymu może obniżyć masę cząsteczkową β -glukanów, dając produkt o obniżonej lepkości. Naukowcy wskazują na spadek masy cząsteczkowej β -glukanów podczas miesienia i fermentacji ciasta zwłaszcza w pierwszych minutach procesu [Andersson i in., 2004; Andersson i in., 2008]. Dlatego też dla zachowania prozdrowotnych właściwości (1-3)(1-4)- β -D-glukanów zaleca się maksymalne skrócenie czasu trwania tych procesów. Obniżona wskutek procesów technologicznych masa cząsteczkowa tej frakcji błonnika bezpośrednio oddziałuje na jej właściwości cholesterolemiczne i hipoglikemiczne [Östman i in., 2006; Castro i in., 2007]. Zachowanie potencjału funkcjonalnego surowca jęczmiennego w pieczywie wymaga więc optymalizacji prowadzenia ciasta, wypieku, jakości zastosowanego surowca jęczmiennego oraz jego pochodzenia odmianowego.

Celem niniejszej pracy było określenie możliwości zastosowania razówki jęczmiennej jako zamiennika mąki pszennej w technologii wypieku pieczywa pszenno-jęczmiennego zachowującego cechy tradycyjnego jasnego pieczywa pszennego.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły handlowa mąka pszenna typ 650 oraz razowa mąka jęczmienna (st. rozdr. 0,28mm) uzyskana z rodów o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego oraz (1-3)(1-4)- β -D-glukanów: STH 4671 i STH 4676 (obecnie odmiana GAWROSZ). Dla porównania zastosowano mąkę razową rodu o niższej zawartości TDF i β -glukanów – STH 4572 (Tab.1). Taki dobór materiału badawczego powinien pozwolić na wykazanie wpływu zawartości (1-3)(1-4)- β -D-glukanów na jakość pieczywa i jego akceptowalność. Ziarno jęczmienia pochodziło ze stacji badawczej IHAR grupa Strzelce Sp. z o.o.

Tab. 1. Skład frakcyjny błonnika pokarmowego razowej mąki jęczmiennej

RODY JĘCZMIENIA	SKŁAD FRAKCYJNY BŁONNIKA POKARMOWEGO			
	TDF	IDF	SDF	(1-3)(1-4)-β-D-glukany
	%s.m.			
STH 4572	19,60±0,58	13,65±0,90	5,95±0,32	4,04±0,06
STH 4671	21,12±0,16	12,98±0,19	8,02±0,36	5,71±0,36
STH 4676	21,48±0,48	13,69±0,38	7,79±0,85	5,64±0,31

Komponent jęczmienny stosowano jako zamiennik mąki pszennej zgodnie z modelem doświadczenia (Tab.2). Ciasto prowadzono metodą jednofazową [Horubałowa, Haber, 1985]. Ciasto przygotowywano z mąki pszennej, komponentu jęczmiennego, drożdży, soli i wody w ilościach zgodnych z modelem doświadczenia (Tab. 2).

Tab. 2. Model doświadczenia wypieku metodą bezpośrednią

Rody	Próba	Udział [%]		Woda [ml]	Drożdże [%]	Sól [%]
		komponentu jęczmiennego	mąki pszennej			
wzorzec	Mąka pszenna	0	100	450	3,00	1,50
STH 4572	2,5	2,5	97,5			
	5,0	5,0	95,0			
	7,5	7,5	92,5			
	10,0	10,0	90,0			
	12,5	12,5	87,5			
STH 4671	2,5	2,5	97,5			
	5,0	5,0	95,0			
	7,5	7,5	92,5			
	10,0	10,0	90,0			
	12,5	12,5	87,5			
STH 4676	2,5	2,5	97,5			
	5,0	5,0	95,0			
	7,5	7,5	92,5			
	10,0	10,0	90,0			
	12,5	12,5	87,5			

W celu podkreślenia wpływu udziału komponentu jęczmiennego, przyjęto stały dodatek wody zapewniający uzyskanie wydajności ciasta 157%. Wypiek kęsów o masie 250g prowadzono w piecu laboratoryjnym PL-10 w temp. 230°C przez 30 minut. Dla każdej próby wypiekano trzy bochenki chleba. Ocena jakości pieczywa obejmowała określenie wydajności pieczywa, upieku i straty piecowej całkowitej [Horubałowa, Haber, 1985]. Po upływie 24 godz. od wypieku przeprowadzono określenie objętości 100g pieczywa (z wykorzystaniem aparatu Sa-Wy), wilgotności miękiszu (metodą AACC -Metoda 08-01). Uzyskane wyniki poddano opracowaniu statystycznemu przy użyciu programu SAS ver. 9,1. Wyliczano wartości średnie, odchylenia standardowe oraz sprawdzono istotności różnic (test Duncana $p \leq 0,005$). Dokonano także oceny konsumenckiej uzyskanego pieczywa polegającej na określeniu stopnia jego atrakcyjności.

Wyniki i dyskusja

Zastosowana mąka pszenna jako podstawowy surowiec strukturotwórczy charakteryzowała się zawartością glutenu mokrego 31% przy rozplywalności 8mm, liczba opadania wynosiła 253s; takie parametry są powszechnie akceptowalne jako właściwe dla tego typu surowców [Cichoń, Ptak, 2005]. Wybrane rody jęczmienia cechowały się zróżnicowaną zawartością błonnika pokarmowego i (1-3)(1-4)- β -D-glukanów (Tab.1). Wprowadzenie do receptury komponentu jęczmiennego nie generowało poważniejszych różnic w prowadzeniu ciasta czy wypieku w porównaniu do ciasta i pieczywa wzorcowego. Dla wszystkich badanych prób uzyskano wydajność ciasta równą 157%.

Dodatek mąki jęczmiennej skutkował wzrostem wydajności pieczywa dla wszystkich trzech komponentów, ze 136% dla chleba wzorcowego do 144% dla chleba z 12,5% udziałem surowca jęczmiennego STH 4676 i była to różnica statystycznie istotna (Tab.3). Wydajność pieczywa zależy min. od jakości mąki, sposobu prowadzenia i fermentacji ciasta, wilgotności ciasta, masy kęsów, stosowanych dodatków technologicznych oraz rodzaju pieczywa. Wartość tego parametru jakościowego pieczywa może zawierać się w zakresie od 131% do 149,5% [Kasprzak, Rzedzicki, 2010].

Przy stałym dodatku wody do mieszanki mąki pszenno-jęczmiennej, prawdopodobnie to zawartość błonnika pokarmowego, a zwłaszcza (1-3)(1-4)- β -D-glukanów i arabinoksylianów była czynnikiem decydującym o ilości związanej wody, jak również o jej zatrzymaniu podczas wypieku. Podobne stanowisko prezentują Skendi i wsp. [2010]. Zastosowany komponent jęczmienny jednoznacznie wpływał na obniżenie zarówno upieku jak i straty piecowej całkowitej (Tab. 3).

Już przy 7,5% dodatku mąki jęczmiennej rodu STH4676 i 10% pozostałych dwóch rodów upiek pieczywa pszenno jęczmiennego był istotnie niższy niż pieczywa pszennego i wykazywał dalszą tendencję spadkową.

Tab. 3. Wyniki badań jakości pieczywa pszennego i pszenno - jęczmiennego

Rody	Udział Mąki jęczmiennej	Wydajność pieczywa		Upiek		Strata piecowa całkowita	
	[%]	[%]	<i>sd</i>	[%]	<i>sd</i>	[%]	<i>sd</i>
wzorzec	0	136,3g	±1,8	8,0abc	±0,5	10,9a	±1,2
STH 4572	2,5	137,0fg	±0,6	8,4ab	±0,9	10,2abc	±0,4
	5,0	138,7ef	±0,7	8,3ab	±0,5	9,6bcd	±0,5
	7,5	140,2cde	±0,7	7,0cde	±0,4	8,7def	±0,4
	10,0	142,8ab	±2,0	5,1gh	±1,5	6,6i	±1,3
	12,5	141,7bc	±1,0	5,9efg	±0,6	7,4gh	±0,7
STH 4671	2,5	137,0fg	±1,4	9,0a	±0,8	10,2abc	±0,9
	5,0	139,6de	±0,5	7,7bcd	±0,3	9,3cde	±0,3
	7,5	138,9e	±0,3	7,3bcd	±0,2	9,1cdef	±0,2
	10,0	141bcd	±0,4	5,5fg	±0,2	7,4gh	±0,3
	12,5	141,9bc	±0,3	5,2gh	±0,3	7,1gh	±0,2
STH 4676	2,5	136,4g	±0,4	8,4ab	±0,3	10,6ab	±0,3
	5,0	139,6de	±0,6	8,4ab	±0,5	9,4bcd	±0,4
	7,5	140,6cde	±0,5	6,7def	±0,1	8,1efg	±0,3
	10,0	141,2bcd	±0,3	6,6def	±0,0	7,9fgh	±0,2
	12,5	144,5a	±2,3	4,2h	±1,6	5,7i	±1,5

Litery (a,b...) w kolumnie oznaczają różnice statystycznie istotne ($p \leq 0,005$)

Strata piecowa całkowita pieczywa mieszanego także obniżała się wraz ze wzrostem dodatku komponentu jęczmiennego i różniła się w sposób statystycznie istotny od wzorcowego już przy 5% dodatku surowca jęczmiennego (Tab. 3). Doniesienia literaturowe wskazują na upiek rzędu 6-14% masy kęsa ciasta, a dla pieczywa drobnego nawet 25% [Gąsiorowski, 2004]. Ponad 95% ogólnej ilości upieku i straty piecowej całkowitej wynika z odparowania wody z ciasta, około 3% związane jest z emisją CO₂, a 1,5% to odparowanie alkoholu i substancji lotnych [Gąsiorowski, 2004]. Ilość odparowanej wody uzależniona jest od wilgotności względnej w piecu, struktury miękiszu oraz porowatości skórki. Dodatkowymi czynnikami wpływającymi na wielkość tych ubytków są kształt, wielkość, objętość i rodzaj pieczywa, stosowane dodatki technologiczne, sposób prowadzenia ciasta i wypieku, a nawet rodzaj użytego pieca piekarniczego [Kasprzak, Rzedzicki, 2010]. Odnotowane wartości niskich ubytków w pieczywie pszenno-jęczmiennym są bardzo dobrą rekomendacją dla praktyki przemysłowej. Dodatki jęczmienne nie będą bowiem przyczyną obniżania masy pieczywa.

Podstawowym kryterium oceny pieczywa dokonywanej przez konsumentów w chwili zakupu jest objętość pieczywa. Wzorcowe pieczywo uzyskiwało objętość na poziomie 314,9 cm³/100g. Odnotowane wartości korespondują z doniesieniami literaturowymi, które dla mąki pszennej podają zakres od 246 do 563 cm³/100 g

pieczywa [Kawka, 2005; Kasprzak, Rzedzicki, 2009; Škrbić i in., 2009; Skendi i in., 2010;].

Tab. 4. Wyniki badania cech fizycznych pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego

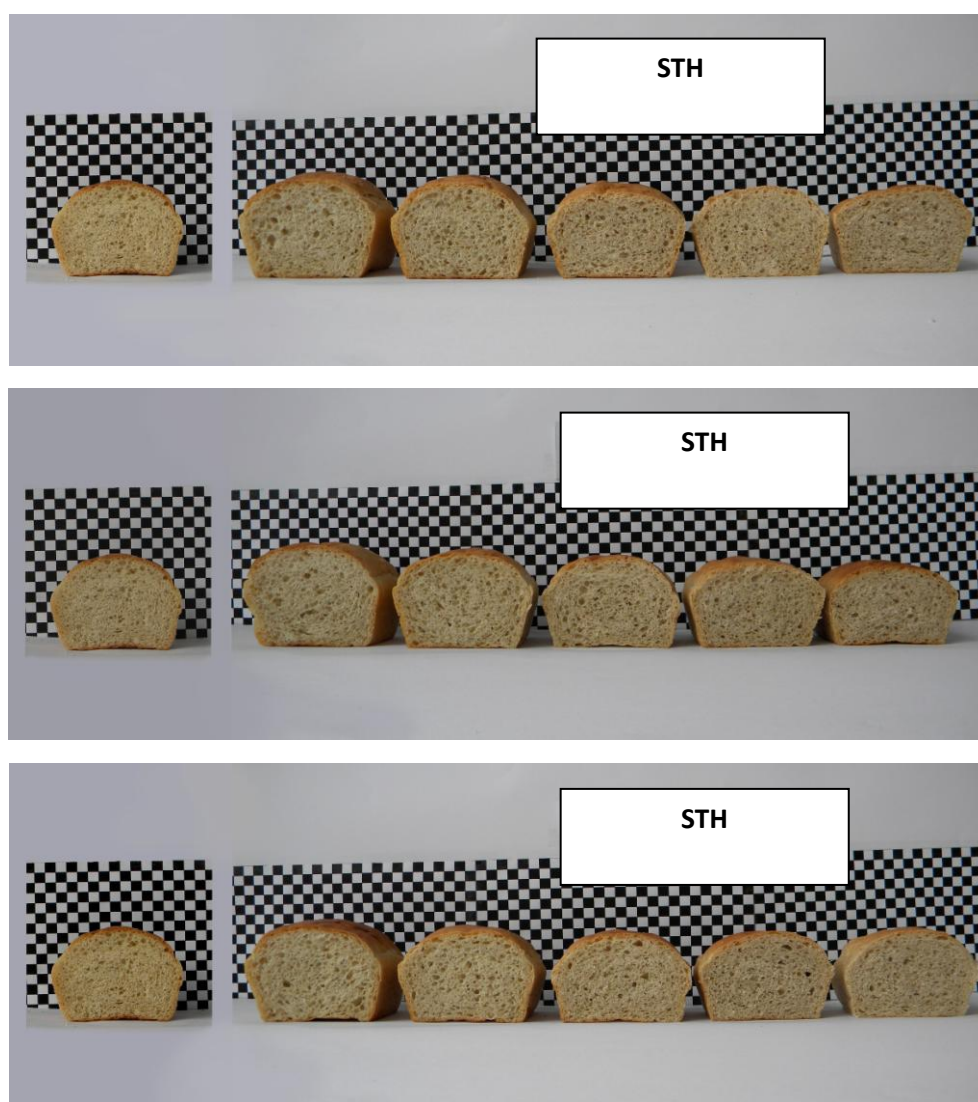
Rody	Udział mąki jęczmiennej	Objętość 100g pieczywa		Wilgotność miękkiszu	
	[%]	[cm ³]	<i>sd</i>	[%]	<i>sd</i>
wzorzec	0	314,9bc	±17,0	43,6e	±0,5
STH 4572	2,5	346,0a	±22,4	45,5bcd	±0,3
	5,0	331,8ab	±14,5	45,8bcd	±0,2
	7,5	301,1cd	±5,5	46,1abc	±0,0
	10,0	285,6def	±10,9	46,2ab	±0,4
	12,5	289,2def	±9,7	46,0abc	±0,3
STH 4671	2,5	339,2a	±9,5	45,0d	±0,6
	5,0	311,4c	±5,1	45,8abcd	±0,2
	7,5	299,5cde	±12,9	46,3ab	±0,2
	10,0	279,0ef	±1,6	46,2ab	±0,1
	12,5	272,0f	±2,6	46,8a	±0,5
STH 4676	2,5	349,0a	±5,8	45,1cd	±1,3
	5,0	310,8c	±10,3	46,0abc	±0,1
	7,5	296,2cde	±4,9	45,8abcd	±0,4
	10,0	290,4def	±3,3	46,1ab	±0,3
	12,5	290,1def	±14,8	45,7bcd	±0,9

Litery (a,b...) w kolumnie oznaczają różnice statystycznie istotne ($p \leq 0,005$)

Badane pieczywo mieszane wykazywało objętość od 339 do 349cm³/100g przy 2,5% dodatku komponentu jęczmiennego oraz od 272 do 290cm³/100g przy maksymalnym udziale tego surowca (Tab. 4). 2,5% dodatek komponentu jęczmiennego skutkował statystycznie istotnym wzrostem objętości pieczywa w stosunku do pieczywa pszennego. Pieczywo z dodatkiem 2,5% komponentu STH 4676 wykazywało wzrost objętości nawet o 10% w porównaniu do wzorca. Istotny spadek objętości pieczywa w odniesieniu do wzorca odnotowano dopiero przy pieczywie z 10% udziałem mąki jęczmiennej badanych rodów (Tab. 4). Podobną kierunkowość zmian uzyskali także Skendi i in. [2010]. Negatywny wpływ komponentu jęczmiennego oraz β -glukanów na objętość pieczywa tłumaczy się rozcieńczeniem glutenu i osłabianiem sieci glutenowej [Izydorczyk, Dexter, 2008; Skendi i in., 2010].

Wilgotność świeżego miękkiszu pieczywa pszennego była istotnie niższa niż pieczywa mieszanego. Wraz ze wzrostem dodatku komponentu jęczmiennego obserwowano wzrost wilgotności miękkiszu, przy czym różnice statystycznie istotne obserwowano przy 10 i 12,5% dodatku surowca błonnikowego i tylko rodów wysokobłonnikowych tj. STH 4671 i 4676 (Tab. 4). Zbliżoną wilgotność miękkiszu

(44,40-45,90%) odnotowano w pieczywie pszenno-owsianym [Kasprzak i in. 2011]. Wprowadzenie mąki jęczmiennej w niewielkim stopniu zmieniało cechy sensoryczne pieczywa. Wielkość zmian była warunkowana procentowym udziałem surowca jęczmiennego. W ocenie konsumenckiej chleby pszenno-jęczmienne charakteryzowały się korzystnymi cechami smakowo-zapachowymi, określanymi przez oceniających jako w pełni akceptowalne. Równie wysoko oceniona została barwa, powierzchnia skórki i jej grubość, wygląd zewnętrzny, a także porowatość i elastyczność miękkiszu (Fot. 1).



Fot. 1. Pieczywo wzorcowe i pszenno-jęczmienne. (Od lewej: wzorzec; 2,5%; 5,0%; 7,5%; 10,0%; 12,5%)

Poza pieczywem wzorcowym najwyżej oceniane było pieczywo z dodatkiem mąki jęczmiennej rodzaju STH 4572 i STH 4677. Pieczywo z 2,5% i 5% dodatkiem tych komponentów ocenione zostało jako porównywalne sensorycznie do wzorca. Kawka [2005] podaje, że możliwe jest uzyskanie pieczywa dobrej jakości nawet z 30% dodatkiem wysokobłonnikowego produktu jęczmiennego. Badania własne nie potwierdzają tych stwierdzeń. Pieczywo z wyższym udziałem pełnoziarnowej mąki jęczmiennej jest inne niż tradycyjne jasne pieczywo pszenne. Będzie więc wymagało szerokiej akcji promocyjnej i akceptacji konsumentów.

Wnioski:

1. Produkty przemiału z badanych rodzajów jęczmienia mogą być bardzo cennym komponentem w produkcji tradycyjnego pieczywa jasnego.
2. Wprowadzenie do pieczywa surowca jęczmiennego wpłynęło na obniżenie ubytku wypiekowego i straty piecowej całkowitej oraz na wzrost wydajności pieczywa i wilgotności miękiszu.
3. Badania wykazały możliwość uzyskania pieczywa pszenno-jęczmiennego, atrakcyjnego dla konsumentów pod względem organoleptycznym, zachowującego cechy tradycyjnego jasnego pieczywa pszennego.

Literatura

- [1] Alu'datt MH, Rababah T, Ereifej K, Alli I, Alrababah MA, Almajwal A, Masadeh N, Alhamad MN.: Effects of barley flour and barley protein isolate on chemical, functional, nutritional and biological properties of Pita bread. *Food Hydrocolloids*, 2012, 26, 135–143.
- [2] Åman P., Rimsten L., Andersson R.: Molecular weight distribution of β -glucan in oat based foods. *Cereal Chemistry*, 2004, 81(3), 356-360.
- [3] Andersson A.A., R  egg N., Åman P.: Molecular weight distribution and content of water-extractable β -glucan in rye crisp bread. *Journal of Cereal Science*, 2008, 47, 399-406.
- [4] Andersson AAM, Armo E, Grangeon E, Fredriksson H, Andersson R, Aman P.: Molecular weight and structure units of (1/3, 1/4)-beta-glucans in dough and bread made from hull-less barley milling fractions. *Journal of Cereal Science* 2004, 40:195-204.
- [5] Brennan C.S., Celary L.J.: Utilisation Glukagel® in the β -glukan enrichment of breads: A physicochemical and nutritional evaluation. *Food Research International*, 2007, 40, 291-296.
- [6] Castro I.A., Monteiro V.C.B., Barroso L.P., Bertolami M.C.: Effect of eicosapentaenoic/docosahexaenoic fatty acids and soluble fibers on blood lipids of individuals classified into different levels of lipidemia. *Nutrition*, 2007, 23, 127-137.
- [7] Cichoń Z., Ptak M.: Analiza jakościowa wybranych rodzajów mąki pszennej. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, 2005, 678, 89-102.

- [8] Czubaszek A., Subda H., Karolini-Skaradzińska Z.: Wartość przemiałowa i wypiekowa kilku odmian jęczmienia jarego i ozimego. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2005, 4(1), 53-62.
- [9] Gąsiorowski H.: Produkcja pieczywa pszennego. W: *Pszenica. Chemia i technologia*. Pr. zbior. pod red H. Gąsiorowskiego, Poznań PWRiL, 2004, 395-457.
- [10] GUS: Mały Rocznik Statystyczny, 2014.
- [11] Hopek M., Ziobro R., Achremowicz B.: Comparison of the effects of microbial α -amylases and scalded flour on bread quality. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2006, 5(1), 97-106.
- [12] Horubałowa A., Haber T.: Analiza techniczna w piekarstwie. *WSiP*, 1985, wyd. II, s. 149.
- [13] Izydorczyk M.S., Dexter J.E.: Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties and uses in food products. *Food Research International*, 2008, 41(9), 850-868.
- [14] Jacobs M.S., Izydorczyk M.S., Preston K.R., Dexter J.E.: Evaluation of baking procedures for incorporation of barley roller milling fractions containing high levels of dietary fibre into bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, 88, 558-568.
- [15] Karolini-Skaradzińska Z., Subda H., Czubaszek A.: Wpływ dodatku mąki jęczmiennej na właściwości ciasta i pieczywa uzyskanego z mąki pszenic jarych i ozimych. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2006, 2(47), 124-132.
- [16] Kasprzak M., Rzedzicki Z., Sykut-Domańska E.: Wpływ dodatku razówki owsianej na cechy jakościowe pieczywa pszennego. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2011, 1(74), 124-140.
- [17] Kasprzak M., Rzedzicki Z.: Analiza właściwości fizycznych oraz składu chemicznego pieczywa jasnego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 3, s. 270-276.
- [18] Kasprzak M., Rzedzicki Z.: Effect of pea seed coat admixture on physical properties and chemical composition of bread. *International Agrophysics*, 2010, 2 (24), 149-156.
- [19] Kawka A., Konieczna E.: Wpływ wysokobłonnikowego produktu jęczmiennego na jakość i skład chemiczny pieczywa. *Żywność Technologia Jakość*, 2002, 4(33), 71-81.
- [20] Kawka A., Liczbańska A., Łapa J.: Wpływ całościarnowej mąki jęczmiennej i wybranych dodatków technologicznych na jakość pieczywa pszenno-jęczmiennego. *Żywność Technologia Jakość*, 2005, 2(43), 33-46.
- [21] Kawka A.: Jakość i skład chemiczny pieczywa z udziałem wysokobłonnikowego produktu jęczmiennego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna-Suplement*, 2005, 147-152.

- [22] Korus J., Achremowicz B., Grzesik W.: Wpływ dodatku lędwianu siewnego (*Lathyrus Sativus L.*) na wybrane cechy pieczywa mieszanego. *Żywność Technologia Jakość*, 2002, 2(31), 88-98.
- [23] Östman E., Rossi E., Larsson H., Brighenti F., Björck I.: Glucose and insulin responses in healthy men to barley bread with different levels of (1-3)(1-4)- β -glucans; predictions using fluidity measurements of in vitro enzyme digests. *Journal of Cereal Science*, 2006, 43, 230-235.
- [24] Sánchez-Muniz FJ.: Dietary fibre and cardiovascular health. *Nutrition Hospitalaria*, 2012, 27 (1), 31-45.
- [25] Skendi A., Biliaderis C.G., Papageorgiou M., Izidorczyk M.S.: Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, 2010, 119, 1159-1167.
- [26] Škrbić B., Milovac S., Dodig D., Filipčev B.: Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties. *Food Chemistry*, 2009, 115, 982-988.
- [27] Sudha M.L., Vetrmani R., Leelavathi K.: Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 2007, 100, 1365-1370.
- [28] Symons L.J., Brennan C.S.: The influence of (1-3)(1-4)- β -D-glucan-rich fractions from barley on the physicochemical properties and in vitro reducing sugar release of white wheat breads. *Journal of Food Science*, 2004, vol.69, nr. 6, 463-467.
- [29] Topping, D.: Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. *Journal of Cereal Science*, 2007, 46, 220-229.
- [30] Trogh I., Curtis C.M., Andersson A.A.M., Åman P., Sørensen J.F., Delcour J.A.: The combined use of hull-less barley flour and xylanase as a strategy for wheat/hull-less barley flour breads with increased arabinoxylan and (1-3)(1-4)- β -D-glucan levels. *Journal of Cereal Science*, 2004, 40, 257-267.

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE PRZYDATNOŚĆ SUROWCA WIEPRZOWEGO DO PRODUKCJI WĘDLIN SUROWO DOJRZEWAJĄCYCH

AGATA WITEK, JOANNA STADNIK, KATARZYNA NEFFE-SKOCIŃSKA

Streszczenie

Wędliny surowo dojrzewające postrzegane są jako produkty luksusowe, których wysoka jakość znajduje odzwierciedlenie w cenie. Jakość ta jest wypadkową użytego surowca, zastosowanej technologii i czasu niezbędnego do wykształcenia cech sensorycznych charakterystycznych dla tej grupy produktów mięsnych. Wieprzowe wędliny surowo dojrzewające produkowane są z szynki i polędwicy, czyli części tuszy o najwyższej wartości handlowej. Produkcja polega na peklowaniu mięsa na sucho z dodatkiem odpowiednio dobranych przypraw i kultur startowych, a następnie jego dojrzewaniu w określonych warunkach temperatury i wilgotności powietrza. Pod koniec procesu technologicznego część produktów poddaje się procesowi wędzenia na zimno [Olkiewicz i in., 2006].

Chociaż o jakości wyrobu decydują wszystkie etapy procesu produkcyjnego, to podstawowym determinantem jakości wędlin surowo dojrzewających jest wysokiej jakości surowiec mięsny. Tymczasem w hodowli trzody koncentruje się na poprawie cech rzeźnych i tucznych zwierząt, a nie na jakości samego mięsa [Rybarczyk, 2011; Żak, 2013]. Wydajność tusz osiągnięta jest najczęściej kosztem otluszczenia podskórnego i przetłuszczenia śródmięśniowego. Wyniki badań wskazują jednak, że dobór odpowiednich genotypów świń pozwala pogodzić dążenie do wysokiej mięsności z odpowiednią marmurkowatością mięsa [Strzelecki i in., 2008; Grześkowiak i in., 2009; Antosik, 2014].

Słowa kluczowe: jakość mięsa, wędliny surowo dojrzewające, czynniki przyżyciowe

Cechy surowca mięsnego do produkcji wędlin surowo dojrzewających

Cechami wędlin surowo dojrzewających ocenianymi przez konsumenta są: wygląd ogólny, intensywność i jednolitość barwy, struktura, związanie plastrów, soczystość, kruchość i smakowitość [Węsierska i in., 2012]. Na kształtowanie tych cech wpływa m.in.:

- rodzaj i dobór surowca,
- dodatki,
- zabiegi technologiczne,
- dojrzewanie i suszenie.

Surowiec do produkcji wędlin surowo dojrzewających powinien charakteryzować się ściśle określonymi parametrami. W przypadku wieprzowiny, mięso powinno pochodzić od sztuk hodowanych ekstensywnie o masie przyżyciowej około 120 kg i zawartości tłuszczu śródmięśniowego powyżej 3,5% dzięki której wędliny surowo dojrzewające charakteryzują się intensywnym smakiem i zapachem [Olkiewicz i in., 2005; Ramirez i Cava, 2007]. Do produkcji klasycznych szynek surowo dojrzewających hiszpańskich, włoskich, czy niemieckich masa przyżyciowa żywca powinna kształtować się w granicach 160-180 kg [Olkiewicz i in., 2006]. Masa świń powinna być zatem wyższa niż osobników najczęściej przeznaczanych do uboju. Hodowcy uznają tuczenie świń powyżej 100-110 kg za nieopłacalne, gdyż może prowadzić to do większego otluszczenia i obniżenia uzyskanej ceny. Wymóg dużej masy świń, których mięso przeznaczone będzie do produkcji wędlin surowo dojrzewających, wiąże się z osiągnięciem odpowiedniego udziału tłuszczu śródmięśniowego w mięsie, czyli tzw. marmurkowatości. Tusze o masie 70-80 kg zawierają około 1,91% tłuszczu, podczas gdy w tuszach cięższych jego zawartość wynosi 2,31-2,76%, co stanowi wartość pożądaną w produkcji wędlin surowych [Altmann i Pliquet, 2006]. Obecnie hodowane świny charakteryzują się wysoką zdolnością do odkładania białka w tkankach, co gwarantuje opłacalność tuczu. Dopiero po przekroczeniu masy 80-90 kg zmniejsza się odkładanie białka, a wzrasta odkładanie tłuszczu [Strzelecki i in., 2008; Karpiesiuk i in., 2013]. W badaniach nie stwierdzono jednoznacznie wpływu płci świń na przydatność mięsa do produkcji wędlin surowo dojrzewających [Durkin i in., 2012].

Tucz świń może mieć charakter intensywny lub ekstensywny. Do tuczu intensywnego wykorzystuje się rasy wysokomięsne, natomiast rasy rodzime hodowane są ekstensywnie. Badania w krajach, w których mięso ras rodzimych wykorzystuje się do produkcji wędlin surowo dojrzewających dowiodły, że hodowla wolno rosnących ras rodzimych w sposób ekstensywny pozwala uzyskać surowiec o wysokiej jakości sensorycznej. Mięso takie ma wyższą zawartość tłuszczu, mniejszy wyciek naturalny, niższą zawartość białka, większą kruchość [Lisiak i in., 2014]. Badań tych nie potwierdzono w warunkach polskich [Karpiesiuk i in., 2013; Lisiak i in., 2014].

Mięso do produkcji wędlin surowo dojrzewających powinno być świeże i wychłodzone (około +4°C) o barwie jasnoczerwonej z odcieniem lekko różowym i zapachu typowym dla świeżego mięsa. Niezwykle istotny dla jakości wędlin surowo dojrzewających jest poziom pH mięsa, który po 24h od uboju, powinien mieścić się w granicach 5,6-5,8 [Olkiewicz i in., 2006]. Przewodność elektryczna (PE) bezpośrednio po uboju powinna wynosić w granicach 6,0-10,0 mS/cm². Parametr ten pozwala na prognozowanie zawartości wody w surowcu mięsnym. Im wyższa jest przewodność elektryczna, tym więcej wody zawiera mięso, co wpływa na jego niższą jakość. Wartość PE > 8 po 24 godzinach od uboju wskazuje na mięso wodniste, wartość < 1 - na mięso suche [Sieczkowska i in., 2013].

Mięso do produkcji wędlin surowo dojrzewających powinno być wolne od wad jakościowych. Wady mięsa bardzo często uwarunkowane są genetycznie, ale bezpośrednim impulsem do ich powstania jest stres zwierzęcia, najczęściej wywołany niewłaściwym obrotem przedubojowym i samym ubojem [Florowski i in., 2006b]. Taką wadą jest PSE (ang. *Pale, Soft, Exudative*), którą cechuje mięso jasne, delikatne, ciekące. O pojawieniu się tej wady decyduje wystąpienie zmian recesywnych w genie *RYR1*. Wada ta wynika z nieprawidłowej przemiany materii przed ubojem i wytworzenia się dużej ilości kwasu mlekowego w mięśniach, co skutkuje szybkim spadkiem pH i podwyższeniem temperatury mięśni w pierwszej godzinie po uboju [Karamucki, 2008]. Zmiany rzadko obejmują wszystkie mięśnie, najczęściej dotyczą tych najbardziej wartościowych, z których produkuje się wędliny surowo dojrzewające [Koćwin-Podsiadła i in., 2006].

U świń rasy hampshire występuje wada ASE (ang. *Acid, Soft, Exudative*), która oznacza mięso kwaśne, delikatne, ciekące. Głównym źródłem tej wady jest bardzo wysoki potencjał glikolityczny w mięśniach. Mięso ma pH poniżej 5,5 i wysoki wyciek po obróbce termicznej. Jednocześnie charakteryzuje się bardzo dobrą kruchością [Florowski i in., 2006c]. Z kolei wada RSE (ang. *Redish-pink, Soft, Exudative*) odznacza się mięsem różowo-czerwonym, delikatnym, ciekącym. Mięso z taką wadą ma miękką konsystencję, duży wyciek naturalny, prawidłową barwę, ale podwyższone pH₂₄ [Danyluk i in., 2013].

Jedną z częściej występujących wad mięsa, spowodowaną niewłaściwym postępowaniem przedubojowym, jest DFD (ang. *Dark, Firm, Dry*). Wada ta powstaje na skutek niedostatecznego obniżenia pH po uboju. Odczyn pH zatrzymuje się na poziomie powyżej 6,0 [Koćwin-Podsiadła i in., 2006]. Podwyższone pH nie stanowi odpowiedniej bariery przed rozwojem bakterii w mięsie. Podobnie, jak w przypadku mięsa PSE, wada wywołana jest niewłaściwym postępowaniem przed ubojem, w tym brakiem odpoczynku przedubojowego [Danyluk i in., 2013].

Czynniki genetyczne wpływające na jakość mięsa

Czynniki wpływające na jakość mięsa, a więc kształtujące przydatność surowca do produkcji wędlin surowo dojrzewających, można podzielić na dwie zasadnicze grupy. Pierwsza to czynniki genetyczne, do których należą m.in. genotyp, płeć i wrażliwość na stres. Oddziałują one na takie wskaźniki, jak: dobowe przyrosty masy ciała, długość tuczu, mięsność, odkładanie białka i tłuszczu w organizmie, czy właściwości fizykochemiczne mięsa [Florowski i in., 2006d; Koćwin-Podsiadła, 2006].

Dążenie do poprawy mięsności świń doprowadziło również do zjawisk niekorzystnych, takich jak zbyt jasna barwa mięsa, pogorszenie wodochłonności, większy wyciek soku mięsnego, mniejsza kruchość i soczystość mięsa. Jednym z obszarów, na którym poszukuje się możliwości podniesienia jakości mięsa jest genetyka molekularna. Za poszczególne cechy jakościowe mięsa odpowiadają

pojedyncze geny lub grupy genów. Wskazać można tu: gen receptora rianodiny (*RYR1*), gen kolipazy (*CLPS*), gen leptyny (*LEP*) oraz gen receptora leptyny (*LEPR*) [Jankowiak i in., 2007; Jankowiak, 2008]. Dla jakości mięsa przeznaczonego na wędliny surowo dojrzewające duże znaczenie ma gen *RYR1* uważany za gen główny mięsności. Z genem tym związana jest również podatność świń na stres. Negatywne skutki stresu ujawniają się najczęściej u zwierząt będących homozygotami recesywnymi (*RYR1/TT*). U świń w obrębie tego genu zidentyfikowano aż 18 miejsc polimorficznych. Jedno z takich miejsc to mutacja punktowa (C→T), która powoduje zamianę argininy w cysteinę w 615 pozycji łańcucha polipeptydowego. Zmiana ta sprawia, że świnia zapada na gorączkę złośliwą świń PSS (ang. *Porcine Stress Syndrome*). Stąd gen *RYR1* określany jest nazwą „genu wrażliwości na stres”. Zmiany w mięśniach powstałe w wyniku PSS są nieodwracalne [Florowski i Pisula, 2006d]. U świń wrażliwych na stres następuje szybki rozpad glikogenu, co powoduje szybkie zakwaszenie mięśni i wystąpienie wady PSE, która dyskwalifikuje mięso jako surowiec na wędliny surowo dojrzewające. Szybkie zakwaszenie mięsa powoduje zahamowanie poubojowych procesów proteolitycznych i małą plastyczność mięsa [Sieczkowska, 2013].

Defekty wieprzowiny może powodować też gen *PRKAG3*. Wpływa on na nawet dwukrotny wzrost poziomu glikogenu w tkance mięśniowej, szczególnie w szynce. Poziom pH spada poniżej 5,4 już w trzeciej godzinie po uboju. Powoduje to powstanie mięsa z wadą ASE, a najbardziej podatne na nią są świnię rasy hampshire [Karamucki, 2008]. Gdyby z takiego mięsa wyprodukowano wędlinę surowo dojrzewającą byłaby ona nadmiernie miękka, co utrudniałoby krojenie [Skwarek i Dolatowski, 2013].

Jedną z cech mięsa decydującą o jego przydatności do produkcji wędlin surowo dojrzewających jest poziom tłuszczu śródmięśniowego, który decyduje o smaku wędlin. Udowodniono, że istnieje zależność między poziomem tłuszczu śródmięśniowego a soczystością, kruchością i smakowitością mięsa [Lisiak i in., 2014]. Pod tym względem bardziej przydatne jest mięso z tusz cięższych, powyżej 100 kg [Grześkowiak i in., 2009]. Większe przetłuszczenie wpływa też korzystanie na wielkość wycieku z tkanki mięśniowej. W większości badań wyniki wskazywały, że wraz ze wzrostem masy tusz malał wyciek [Koćwin-Podsiadła i in., 2002; Rybarczyk i in., 2011].

Surowiec dla przemysłu mięsnego w Polsce pochodzi najczęściej z krzyżówek tuczników loch ras białych z knurami ras duroc, hampshire, pietrain oraz ich mieszańców, a także świń hybrydowych [Grześkowiak i in., 2009]. Tylko niektóre z nich nadają się do produkcji wędlin surowo dojrzewających.

W literaturze przedmiotu jako rasy świń przydatne do produkcji wędlin surowo dojrzewających w Polsce wymienia się rasy prymitywne (puławską i złotnicką) [Olkiewicz i in., 2006]. Rasa złotnicka przez część badaczy uznawana jest za mniej przydatną, ponieważ tłuszcz odkłada się u niej raczej w postaci słoniny niż tłuszczu

śródmięśniowego [Bocian i in., 2009]. Rasa puławska czy złotnicka, jako rasy tłuszczowo-mięsne, hodowane są obecnie tylko lokalnie i stanowią rezerwę genetyczną prawnie chronioną. Szczególnie mięso rasy puławskiej ma wysoką jakość technologiczną i konsumpcyjną, również w przypadku pozyskania go z tzw. tuczników ciężkich. Rasa ta jakością mięsa wyróżnia się na tle wysokoprodukcyjnych ras i linii komercyjnych. Dlatego mięso tej rasy jest szczególnie przydatne do produkcji wędlin surowo dojrzewających [Florowski i in., 2006a]. Wśród świń z hodowli masowych najbardziej przydatne do produkcji wędlin surowych są świny rasy wielkiej białej polskiej i ich mieszańce z rasą polską białą zwisłouchą. Zawartość tłuszczu śródmięśniowego u tych świń nie przekracza jednak 2%. Pietrain to rasa belgijska uznawana za najbardziej mięsną na świecie. Jej przedstawiciele mają najniższą (1,02%) zawartość tłuszczu śródmięśniowego [Bocian i in., 2009]. Hodowane są już jednak świny wysokomięsne, gdzie z osobników o odpowiednio dużej masie można uzyskać dobrej jakości wędliny surowe. Wskazać można tu chociażby linię hybrydową PenArLan, w przypadku której mięso pozyskane z ciężkich tuczników odznacza się wyższą zawartością białka, niższą zawartością wody i lepszą jakością sensoryczną [Strzelecki, 2008]. Chociaż mięso tej rasy okazało się mniej wydajne niż mięso rasy puławskiej, to poziom pH i marmurkowatość są w przypadku obu ras zbliżone [Olkiewicz i in., 2005; Antosik, 2014].

Czynniki środowiskowe warunkujące przydatność surowca mięsnego

Drugą grupą czynników wpływających na przydatność surowca do produkcji wędlin surowo dojrzewających są czynniki środowiskowe, na które składa się cały szereg okoliczności z różnych etapów produkcji [Florowski i Pisula, 2006d]:

- odchów i tucznictwo (mikroklimat pomieszczeń i żywienie),
- obrót zwierzętami przed ubojem (załadunek, warunki i rodzaj transportu, dystans, rozładunek),
- postępowanie w zakładzie ubojowym (sposób oszłamiania, wykrwawianie, postępowanie z tuszami po uboju).

Na etapie odchowu i tuczu zwierzęta powinny mieć zapewniony odpowiedni mikroklimat pomieszczeń, opiekę weterynaryjną i zootechniczną. Na jakość mięsa bez wątpienia wywierają wpływ warunki i sposób hodowli, w tym żywienie, które rzutuje na skład chemiczny i właściwości mięsa [Grześkowiak i in., 2009].

Poprzez żywienie można wpłynąć na poprawę marmurkowatości mięsa. Zaleca się podawanie paszy z niewielkim niedoborem białka. Taki sposób żywienia można stosować w dłuższym okresie albo tylko w końcowej fazie tuczu. Pożądany dla potrzeb produkcji wędlin surowo dojrzewających efekt marmurkowatości mięsa można osiągnąć stosując system żywienia do woli. Pozwala to osiągnąć zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśniu najdłuższym grzbietu (*m. longissimus dorsi*) na poziomie 2-3%. Tymczasem przy innych systemach żywienia wskaźnik ten kształtuje się na poziomie 1,3-1,9%. Zawartość białka

w paszy powinna być dostosowana do poziomu energii, a ten z kolei do zakładanej intensywności wzrostu świń. Zwierzęta tuczone są zazwyczaj intensywnie do około 80-90 kg, później w sposób umiarkowany [Brzozowska, 2013].

W licznych badaniach wskazuje się na korzystne oddziaływanie dodatku do paszy witamin i mikroelementów na jakość mięsa. Witamina E poprawia barwę mięsa i prawdopodobnie ogranicza występowanie wady PSE [Karamucki, 2008], witamina D₃ zwiększa jędrność mięśni, zmniejsza wodnistość i stabilizuje pH. Natomiast witamina C redukuje występowanie wady PSE, ale nieznacznie pogarsza barwę mięsa. Korzystnie na jakość mięsa mogą również wpływać składniki mineralne zawarte w paszy. Podawanie zwierzętom przez kilka ostatnich dni tuczu magnezu poprawia ich odporność na stres związany z transportem i przepędzaniem w ubojni, co skutkuje ograniczeniem występowania wady PSE. Wyniki badań wskazują również, że podanie magnezu pozytywnie wpływa na wodochłonność, barwę, wyciek naturalny i strukturę mięsa. Z kolei chrom wspomaga rozwój tkanki mięśniowej. Natomiast dodatek selenu razem z witaminą E do paszy ma działanie przeciwutleniające [Magda, 2011].

Bardzo ważnym dla jakości mięsa czynnikiem jest obrót zwierzętami od opuszczenia przez nie miejsca chowu do uboju. Na zwierzęta oddziałuje wtedy cały szereg czynników stresogennych, co wpływa na stan mięśni. Dlatego tak istotny dla jakości mięsa jest odpoczynek przedubojowy. Pozwala on wyeliminować nadmierne zakwaszenie mięśni spowodowane stresem. Równie korzystna jest głodówka przedubojowa, która pozytywnie rzutuje na jakość mięsa i bezpieczeństwo żywności. Nie może ona jednak trwać dłużej niż 24 godziny. Odpowiednia głodówka obniża poziom glikogenu w mięśniach, co korzystnie wpływa na poziom pH. Zmniejsza też ryzyko zanieczyszczenia tuszy zawartością układu pokarmowego [Pisula i Florowski, 2008a].

Nie bez znaczenia dla przydatności surowca mięsnego do produkcji wędlin surowo dojrzewających jest pora roku, w której dokonuje się uboju. W trakcie wielu badań potwierdzono, że mięso świń ubijanych zimą zawiera mniej białka i więcej tłuszczu. Charakteryzuje się też korzystniejszymi wartościami pH i wyższą wodochłonnością niż mięso świń ubijanych w innych porach roku [Karamucki, 2008]. Mięso z uboju zimowego ma też istotnie niższe ryzyko wystąpienia wady PSE.

Istotnym etapem uboju jest oształmianie zwierząt, które powoduje utratę przytomności i wrażliwości na ból. Szczególnie wysokie zagrożenie dla jakości surowca mięsnego stwarza oształmianie elektryczne dwuelektrodowe. Powoduje ono silne skurcze drgawkowe, które często skutkują pękaniem komórek mięśniowych (krwawe wybroczyny). Wszelkie przebarwienia spowodowane nieprawidłowym ubojem obniżają jakość surowca i czynią go nieprzydatnym do produkcji wędlin surowo dojrzewających. Dla wyższej jakości mięsa bardziej wskazane jest mniej stresujące dla zwierząt oształmianie gazowe z wykorzystaniem CO₂. W trakcie oształmiania wzrasta ciśnienie krwi

i intensywność wydzielania hormonu stresu. Aby uniknąć objawów PSE należy maksymalnie skrócić czas między oszłamianiem a kluciem. Zbyt późne rozpoczęcie wykrwawiania może prowadzić do powstawania wybroczyn mięśniowych [Pisula i Florowski, 2008b].

Podsumowanie

Produkcja wędlin surowo dojrzewających polega na kierowaniu przemianami biochemicznymi i mikrobiologicznymi w surowcu mięsnym. Użyty surowiec musi cechować się odpowiednimi parametrami, innymi niż mięso przeznaczone do masowej produkcji. Dlatego do produkcji wędlin surowo dojrzewających używa się mięsa wolnego od wad, o wysokich walorach smakowych. Istotną cechą takiego mięsa jest odpowiednia marmurkowatość.

O przydatności mięsa do produkcji wędlin surowo dojrzewających decyduje wiele czynników, wpływających na zawartość tłuszczu w mięsie, w tym masa, wiek, rasa a nawet pora roku, w której ubija się zwierzęta. W badaniach wiele uwagi poświęca się uwarunkowaniom genetycznym i związanym z rasą. Naukowo udowodniony jest wpływ polimorfizmu niektórych genów na otluszczenie tusz i zawartość tłuszczu w mięsie. Spośród czynników środowiskowych ważny jest zarówno sposób żywienia, najlepiej w sposób ekstensywny, jak i postępowanie ze zwierzętami podczas transportu do ubojni. Należy zapewnić takie warunki załadunku, transportu, rozładunku, oczekiwania na ubój i samego uboju, aby minimalizowały one poziom stresu u świń. Pozwala to uniknąć powstawania wad mięsa, które dyskwalifikują surowiec mięsny do produkcji wędlin surowo dojrzewających.

Wykorzystując mięso świń odpowiednio dobranych pod względem genetycznym, rasowym, czy masowym przy uwzględnieniu zasad dobrostanu zwierząt od odchovu do uboju, możliwe jest uzyskanie surowca mięsnego kwalifikującego się do produkcji wędlin surowo dojrzewających. Powinien on wyróżniać się odpowiednim pH i PE, trwałą i jednorodną barwą, marmurkowatością, soczystością, delikatnością i smakowitością.

Literatura:

- [1] Altmann M., Pliquet U.: Prediction of intramuscular fat by impedance spectroscopy. *Meat Science*, 2006, 72, 666-671.
- [2] Antosik K.: Uwarunkowania genetyczne zawartości tłuszczu śródmięśniowego oraz jego przydatność w diagnozowaniu jakości mięsa wieprzowego. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Siedlce, 2014.
- [3] Bocian M., Hammermeister A., Grajewska S., Kapelańska J., Jelińska A.: Tłuszcz śródmięśniowy w mięsie i grubość słoniny u świń czystorasowych

- i mieszańców. Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego, 2009, 48/1, 21-23.
- [4] Brzozowska J.: Wpływ żywienia trzody chlewnej na jakość mięsa. Gospodarka Mięsna, 2013, 2, 12-13.
 - [5] Danyluk B., Pospiech E., Iwanowska A.: Przydatność technologiczna i trwałość mięsa z wadami. Gospodarka Mięsna, 2013, 4, 36-41.
 - [6] Durkin I., Dadić M., Brkić D., Lukić B., Kusec G., Mikolin M., Jerković I.: Influence of gender and slaughter weight on meat quality traits of heavy pigs. Acta Agricultura Slovenica, 2012, Supplement 3, 211-214.
 - [7] Florowski T., Pisula A., Adamczak L., Buczyński J.T., Orzechowska B.: Technological parameters of meat in pigs of two Polish local breeds - Złotnicka Spotted and Pulawska. Animal Science Papers and Reports, 2006a, 24(3), 217-224.
 - [8] Florowski T., Pisula A., Buczyński J.T., Orzechowska B.: Częstość występowania wad jakości mięsa świń różnych ras hodowlanych w Polsce. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, 2006b, 2(2), 91-97.
 - [9] Florowski T., Pisula A., Słowiński M., Orzechowska B.: Processing suitability of pork from different breeds reared in Poland. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 2006c, 5(2), 55-64.
 - [10] Florowski T., Pisula A.: Rola czynników genetycznych w kształtowaniu jakości tusz i mięsa wieprzowego. Przemysł Spożywczy, 2006d, 9, 36-39.
 - [11] Grześkowiak E., Lisiak D., Borys A., Borzuta K., Janiszewski P., Strzelecki J.: Badanie wpływu wybranych czynników przyżyciowych na poziom tłuszczu podskórnego i śródmięśniowego w tuszach wieprzowych tuczników z pogłowia masowego. Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego 2009, T. 47/2, 15-22.
 - [12] Jankowiak H., Kapelański W., Biegniewska M.: Wartość rzeźna tusz świń w zależności od genotypu kolipazy (CLPS) z uwzględnieniem oddziaływania genu RYR1. Journal of Central European Agriculture, 2008, 9(4) 803-808.
 - [13] Jankowiak H.: The effect of colipase gene (CLPS) polymorphism on selected carcass traits in Polish Large White and Polish Large White × Polish Landrace fatteners. Animal Science Papers and Reports, 2007, 25 (2), 59-64.
 - [14] Karamucki T.: Badania nad kształtowaniem się barwy mięśnia *longissimus lumborum* świń oraz przydatnością wybranych metod jej pomiaru do oceny jakości mięsa wieprzowego. Wydawnictwo Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin 2008.
 - [15] Karpiesiuk K., Kozera W., Bugnacka D., Falkowski J.: Wpływ warunków chowu tuczników na jakość mięsa i profil kwasów tłuszczowych w mięśni najdłuższym grzbiecie. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 3(88), 39-50.

- [16] Koćwin-Podsiadła M., Krzęcio E., Przybylski W.: Pork quality and methods of its evaluation - a review. *Polish Journal of Food Nutrition Sciences*, 2006, 15/56, 3, 241-248.
- [17] Koćwin-Podsiadła M., Zybert A., Krzęcio E., Antosik K., Sieczkowska H., Kurył J., Łyczyński A.: The influence of hot carcass weight on lean meat content, meat quality and it's technological usefulness in Danish crossbreedings Landrace x Duroc. *Annals of Animal Science*, 2002, 2(S), 319-323.
- [18] Lisiak D., Grześkowiak E., Janiszewski P., Borzuta K., Pepliński B., Wajszczuk K.: Wpływ intensywności żywienia tuczników na jakość mięsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 6(97), 102-112.
- [19] Magda F.: Wpływ suplementacji selenu na zwierzęta rzeźne. *Gospodarka Mięsna*, 2011, 1, 8-10.
- [20] Olkiewicz M., Makoła H., Moch P.: Charakterystyka jakościowa szynek surowych dojrzewających wyprodukowanych z surowców pochodzących ze świń rasy puławskiej i hybrydy PenArLan. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*, 2005, 42/43, 189-196.
- [21] Olkiewicz M., Moch P., Makoła H.: Charakterystyka szynek surowych dojrzewających wyprodukowanych z surowca pochodzącego od wybranych prymitywnych ras polskich. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*, 2006, T. XLIV/2, 141-149.
- [22] Pisula A., Florowski T.: Zmiany ilościowe i jakościowe mięsa w trakcie jego pozyskiwania i przetwarzania I. *Gospodarka Mięsna*, 2008a, 2, 8-14.
- [23] Pisula A., Florowski T.: Zmiany ilościowe i jakościowe mięsa w trakcie jego pozyskiwania i przetwarzania II. *Gospodarka Mięsna*, 2008b, 3, 12-20.
- [24] Ramirez M.R., Cava R.: Effect of Iberian x Duroc genotype on dry-cured loin quality. *Meat Science*, 2007, 76, 333-341.
- [25] Rybarczyk A.: Wpływ obrotu przedubojowego na kształtowanie się wartości wskaźników przemian glikotyczno-energetycznych i jakość mięsa tuczników wolnych od genu wrażliwości na stres (*RYR1^T*). Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin 2011.
- [26] Sieczkowska H., Antosik K., Krzęcio-Nieczyporuk E., Zybert A., Koćwin-Podsiadła M.: Przydatność wybranych parametrów oznaczanych 45 min *post mortem* w mięśniu *Longissimus lumborum* do oceny jakości wieprzowiny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 2(87), 51-60.
- [27] Skwarek M., Dolatowski Z.J.: Wpływ bakterii probiotycznych na właściwości reologiczne szynek surowo dojrzewających. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 3(88), 73-82.
- [28] Strzelecki J., Borzuta K., Lisiak D., Borys A., Grześkowiak E., Janiszewski P.: Wpływ masy tuczników linii PEN-AR-LAN na wartość rzeźną i jakość mięsa. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*, 2008, 46/3, 73-81.

- [29] Węsierska E., Szoltyś M., Bączkiewicz M., Parys A., Wróblewska A.: Porównanie właściwości wybranych surowych wędlin dojrzewających. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 6(85), 152-166.
- [30] Żak G.: Właściwości fizykochemiczne i technologiczne mięsa świń ras polskiej białej zwislouchej, duroc i pietrain oraz ich związek z poziomem umięśnienia i tempem wzrostu. Roczniki Naukowe Zootechniki. Monografie i Rozprawy, Kraków 2013.

PORÓWNANIE WYBRANYCH CECH JAKOŚCIOWYCH PRAŻYNEK ZIEMNIACZANYCH SMAŻONYCH W TŁUSZCZACH O RÓŻNEJ STABILNOŚCI TERMICZNEJ

MAŁGORZATA WRONIAK, MONIKA JANOWICZ, DARIA PREJS,
AGNIESZKA RĘKAS

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju tłuszczu użytego do smażenia na jakość prażynek ziemniaczanych i zmianę jakości tłuszczu po smażeniu. Materiałem do badań były pellety ziemniaczane, 4 rodzaje tłuszczu: smalec, olej rzepakowy rafinowany, rzepakowy tłoczony na zimno, oliwa z oliwek *extra virgin* oraz w celach porównawczych gotowe handlowe prażynki usmażone w tłuszczu palmowym. Pellety smażyono przez 4 sek. w temp. $185 \pm 5^{\circ}\text{C}$. W prażynkach oznaczono zawartość wody, tłuszczu oraz teksturę. Twardość określono przy użyciu analizatora tekstury, a wewnętrzną mikrostrukturę prażynek za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. W olejach oznaczono stopień hydrolizy i utlenienia, stabilność oksydacyjną.

Stwierdzono istotne różnice w zawartość tłuszczu w gotowych prażynkach (od 19,61% smażonych w oleju tłoczonym na zimno do 38,76% w palmowym) i w mikrostrukturze analizowanych produktów. Rodzaj użytego tłuszczu do smażenia nie miał istotnego wpływu na cechy teksturalne prażynek. Siła potrzebna do zniszczenia prażynki wahała się od 10,36 do 13,33 N. Zaobserwowano istotne pogorszenie się jakości użytych do smażenia tłuszczów, już po 15 min smażenia. Nieznacznie wzrósł stopień ich hydrolizy oraz istotnie zwiększył się pierwotny i wtórny stopień ich utleniania. Największe zmiany degradacyjne stwierdzono w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno (ogólny stopień utlenienia wzrósł z 8,0 do 55,5), smalcu (z 6,9 do 44,8), rzepakowym rafinowanym (9,1 do 30,5), a najmniejsze w oliwie (z 32,5 do 69,8). Podobną stabilność oksydacyjną użytych do smażenia świeżych tłuszczów stwierdzono w teście Rancimat, najdłuższy czas indukcji miała oliwa z oliwek 13,86 h, rzepakowy rafinowany - 4,18 h, a najkrótsze tłoczony na zimno - 3,73 h i smalec - 1,48 h.

Słowa kluczowe: prażynki ziemniaczane, smażenie, jakość, tekstura, mikrostruktura, oleje;

Wprowadzenie

Produkty smażone cieszą się coraz większą popularnością wśród konsumentów pomimo wielu zastrzeżeń dietetyków. W ostatnich latach, poza ekstrudowanymi chrupkami kukurydzianymi, popularność na rynku zyskały nowe przekąski kukurydziano-zbożowe oraz ziemniaczane. Ich produkcja odbywa się dwuetapowo: w pierwszej fazie wytwarzane są jako tzw. pellety, które w drugim etapie są ekspandowane [Wójtowicz i in., 2001; Wójtowicz i Baltyn, 2006].

W kształtowaniu cech produktów przekąskowych ważną rolę odgrywa tłuszcz użyty do smażenia. Wykorzystywane są różnorodne oleje i tłuszcze, zarówno pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego. Rodzaj wybieranego oleju w dużej mierze zależy od lokalnych przyzwyczajeń, dostępności, preferencji konsumentów. Często inne wykorzystywane są w przemyśle i gastronomii, a inne w warunkach gospodarstwa domowego [Kita, 2006; Ledóchowska i Hazuka, 2006; Szukalska, 2003a; Tynek i in., 2007; Kmiecik i Korczak, 2010]. Skład kwasów tłuszczowych ma wpływ na właściwości fizyczne i chemiczne tłuszczu smażalniczego. W czasie głębokiego smażenia profil kwasów tłuszczowych ulega zmianie z powodu zachodzącej cyklizacji, polimeryzacji, pirolizy, hydrolizy i innych reakcji chemicznych, które zachodzą w tych warunkach [Szukalska, 2003b; Gupta, 2005].

Większość produkowanych masowo olejów rafinowanych ze względu na wysoką zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych jest podatna na przemiany termooksydacyjne. Dotyczy to szczególnie olejów bogatych w polienowe kwasy tłuszczowe, które niekorzystnym przemianom ulegają znacznie szybciej niż oleje z wysoką zawartością kwasów monoenowych, np. oliwa. Badania Casal i in. [2010] dowodzą, że oliwa z oliwek jest wyraźnie odporna na degradację podczas smażenia w warunkach domowych. Może więc być idealnym tłuszczem do smażenia. Podczas tego procesu nie ulega żadnym istotnym zmianom i zachowuje właściwości odżywcze lepiej niż inne oleje nie tylko ze względu na zawartość przeciwutleniaczy, ale także ze względu na wysoki poziom kwasu oleinowego. Oliwa z oliwek ma niską zawartość kwasu linolowego i linolenowego, co przy niskiej liczbie jodowej czyni ją odporną na procesy utleniania. Wysokiej jakości oliwa jest rzadko używana do przemysłowego smażenia, choć niektóre restauracje wysokiej klasy stać na ten koszt [Rossell, 1998]. Jej punkt dymienia jest w temp. 190-210°C, czyli znacznie wyżej niż idealna temperatura do smażenia (180°C). Kolejną zaletą oliwy z oliwek jest to, że nie tworzy ona skorupy na powierzchni żywności, która utrudniałaby przenikanie oleju. Jednak badania Tynek i in. [2007] dowodzą, że olej rzepakowy może być wykorzystywany do smażenia dłużej niż oliwa (pomace i sansa) i oleina palmowa, ponieważ ma wyższy od nich punkt dymienia. Do smażenia w warunkach domowych wykorzystuje się najczęściej rafinowane oleje takie jak: rzepakowy, słonecznikowy czy sojowy [Tajner-Czopek i in., 2009]. W przemyśle alternatywą dla tłuszczów uwodornionych i drogich olejów o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego stał się w ostatnich latach tłuszcz palmowy oraz jego frakcje [Sakurai i in. 2003; Gupta, 2005; Kita, 2006].

Spośród cech sensorycznych produktów przekąskowych za najważniejszą uważa się chrupkość. Jest ona kształtowana w procesie smażenia i uzależniona od wielu różnorodnych czynników. Konsystencja np. czipsów ziemniaczanych uzależniona jest nie tylko od składu chemicznego ziemniaków, a chrupki od składu recepturowego mieszaniny użytej do produkcji pelletów. Istotne znaczenie ma również wilgotność półproduktów, np. chrupki otrzymane z pelletów przesuszonych lub niedosuszonych charakteryzują się niewłaściwą teksturą, która jest zbyt twarda i mało chrupka [Pęksa i wsp., 2004; Kita i in., 2005; Kita 2006]. Ilość adsorbowanego tłuszczu podczas smażenia uzależniona jest również od składu recepturowego, kształtu i wielkości smażonych cząstek, rodzaju tłuszczu, parametrów technologicznych i przebiegu procesu smażenia [Kita, 2014]. Istotne znaczenie ma wysmażenie produktów do odpowiedniej niskiej wilgotności. Zbyt duża zawartość wody powoduje, że produkty nie są chrupkie i delikatne. Niska zawartość wody odgrywa również ważną rolę w zapewnieniu odpowiedniej jakości podczas przechowywania gotowych produktów [Kita, 2006].

W licznych doniesieniach naukowych zaobserwowano, że pod wpływem smażenia jakość olejów roślinnych obniża się znacznie, a stopień zmian zależy od składu chemicznego oleju [Gupta, 2005; Kita 2014]. Badania dotyczą smażenia w oliwie, olejach rafinowanych, palmowym i tłuszczach modyfikowanych [Kita, 2006; Ledóchowska i Hazuka, 2006; Ledóchowska i in. 2007; Tynek i in., 2007]. Wykazano, że oleje rafinowane, pozbawione naturalnych przeciwutleniaczy w procesie ich produkcji, są bardziej podatne na procesy utleniania, a mniej na procesy hydrolityczne. Natomiast odwrotnie oliwy z oliwek *extra virgin* są bardziej podatne na procesy hydrolityczne, a odporne na utlenianie, ze względu na obecność przeciwutleniających związków, fenolowych. Najwięcej związków zawierających układy sprzężonych wiązań podwójnych oraz nienasyconych wtórnych produktów utleniania zawiera po smażeniu rafinowany olej rzepakowy, a mniej oliwa [Ledóchowska i Hazuka, 2006; Tynek i in. 2007].

Biorąc pod uwagę fakt, że przekąski smażone cieszą się wśród konsumentów coraz większą popularnością, a wśród nich szczególnie atrakcyjną są prażynki ziemniaczane uznano za celowe określenie wpływu rodzaju tłuszczu na jakość prażynek ziemniaczanych (przygotowanych w gospodarstwie domowym z pelletów) i zmiany jakości tłuszczów po smażeniu.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były pellety ziemniaczane Przysmak Świętokrzyski firmy WSP „Społem” Kielce (forma owal) oraz 4 rodzajów tłuszczu: smalec, olej rzepakowy rafinowany, rzepakowy tłoczony na zimno, oliwa z oliwek *extra virgin* oraz w celach porównawczych gotowe handlowe prażynki usmażone w tłuszczu palmowym zakupione na rynku warszawskim. Pellety smażyono w głębokim tłuszczu przez 4 sekundy w temperaturze $185 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Po usmażeniu chrupki wyłożono na kilka minut na ręczniku papierowym. W prażynkach oznaczono:

zawartość wody metodą suszarkową i tłuszczu metodą Soxhleta. Doświadczenia przeprowadzono w dwóch seriach, a każde z oznaczeń w 3 powtórzeniach. Siłę potrzebną do zniszczenia prażynki (twardość) - określono na podstawie testu ściskania w analizatorze tekstury TA.XT plus z cylindryczną końcówką P 36R (o średnicy 36 mm), z prędkością przesuwu głowicy 1 mm/s, na głębokość 3 mm od momentu dotknięcia prażynki. Pomiary wykonano w 10 powtórzeniach. Strukturę wewnętrzną prażynek oceniono na podstawie zdjęć wykonanych za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego TM-3000 HITACHI High-Technologies Corporation. Zdjęcia w stanie naturalnym (bez usuwania tłuszczu) otrzymano przy powiększeniu 100, 150 i 200 krotnym. Analizy zdjęć dokonano za pomocą programu MultiScan v. 18.03 firmy Computer Scanning Systems. W olejach, przed i na koniec smażenia tj. po 15 min użytkowania oleju, oznaczono stopień hydrolizy (liczba kwasowa LK wg PN-EN ISO 660:2005) i utlenienia (liczba nadtlenkowa LOO wg PN-EN ISO 3960:2012, liczba anizydynowa LAn wg PN-EN ISO 6885:2008, wskaźnik Totox= 2LOO + LAn). Dodatkowo w świeżych olejach oceniono stabilność oksydacyjną w teście Rancimat w 120°C (wg PN-EN ISO 6886:2009). Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano w programie Statgraphics 4.1. Wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA test Duncan'a, przy poziomie istotności $p=0,05$.

Wyniki i dyskusja

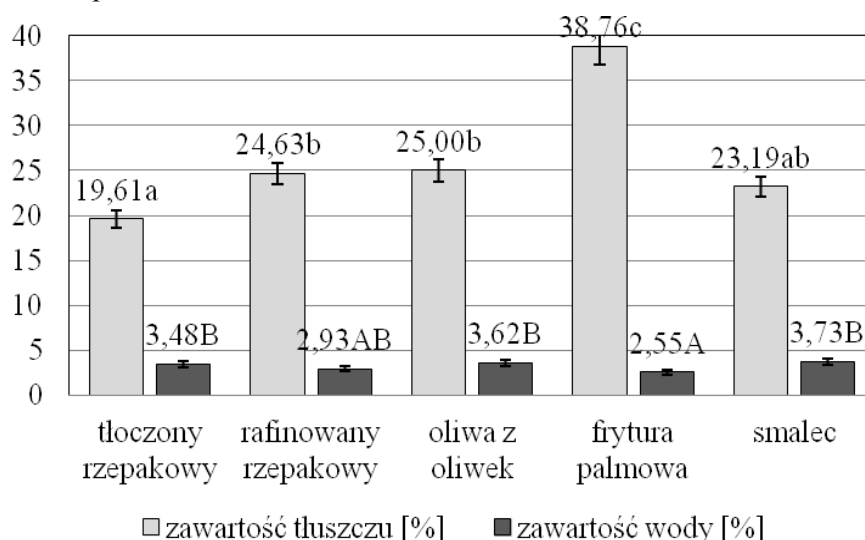
Jakość prażynek ziemniaczanych

Rodzaj tłuszczu użytego do smażenia wpływał bezpośrednio na cechy uzyskanych produktów przekąskowych. Wilgotność prażynek wahała się od 2,55 do 3,73% (Rys. 1). Prawidłowa wilgotność przekąsek nie powinna przekraczać 5%. Wójtowicz i in. [2001] w badaniach przekąsek ziemniaczanych, smażonych w warunkach laboratoryjnych z pelletów, uzyskali wilgotność wyrobów zawierającą się w przedziale od 3,2 do 6,5%. Prażynki w zależności od rodzaju użytego medium pochłonęły różną ilość tłuszczu od 19,61 do 38,76% (Rys. 1).

Stwierdzono statystycznie istotne różnice w zawartości tłuszczu w otrzymanych prażynkach, najwyższą zawartością tłuszczu charakteryzowały się produkty smażone w tłuszczu palmowym, natomiast najniższą w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno. Również Kita [2006] wykazała, że produkty przekąskowe takie jak chipsy smażone w tłuszczu modyfikowanym i w oleju palmowym zawierały więcej tłuszczu niż smażone w olejach ciekłych, natomiast odwrotne zależności obserwowano w przypadku chrupek.

W zależności od zastosowanego rodzaju tłuszczu do smażenia odnotowano również różnice w mikrostrukturze analizowanych produktów (Rys. 2 a, b, c, d). Analiza wyglądu przekroju w mikroskopie elektronowym uzyskanych prażynek pozwoliła stwierdzić, że różne jest rozmieszczenie tłuszczu w gotowym produkcie. Tłuszcze stałe w temperaturze pokojowej, takie jak: smalec czy tłuszcz palmowy

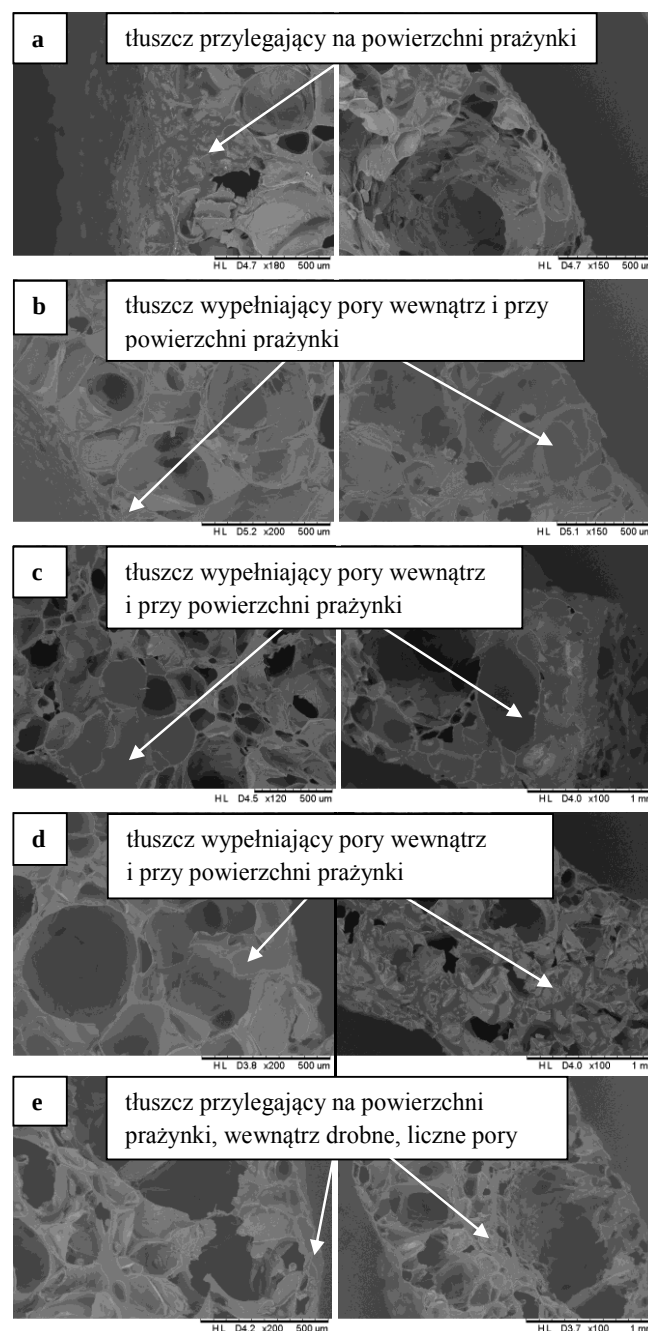
przylegały do powierzchni prażynki (Rys. 2 a, e), natomiast oleje ciekłe penetrowały w głąb prażynek, wypełniały pory wewnątrz i przy powierzchni (Rys. 2 b, c, d). Wynika to z różnic we właściwościach fizycznych badanych tłuszczów (temperatury krzepnięcia/zestalania, gęstości, lepkości) w temperaturze otoczenia i podczas smażenia.



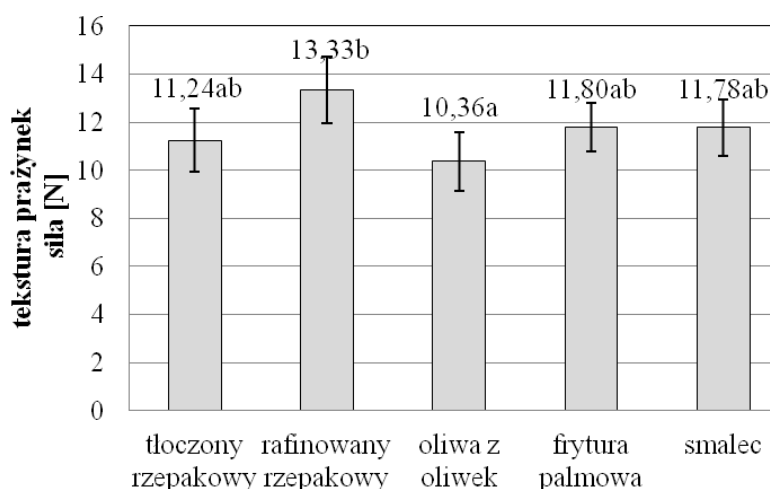
Rys. 1. Zawartość wody i tłuszczu [%] w prażynkach ziemniaczanych smażonych w różnych tłuszczach, (gdzie: a, b, A, B ...- wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ ($n = 2 \times 3$))

Proces pochłaniania tłuszczu opisywany jest przy użyciu dwóch różnych mechanizmów: ciągłej absorpcji tłuszczu w następstwie wymiany masy pomiędzy medium smaźalniczym, a odparowywaną wodą oraz jako proces absorpcji, który następuje po zakończeniu smażenia. Podczas ochładzania produktu wewnętrzne podciśnienie zmniejsza się w wyniku kondensacji i powstaje tzw. „efekt próżni”. To pozwala na wniknięcie tłuszczu do produktu, przy czym głębokość penetracji jest ograniczona do około 1 mm [Kita 2006, Kita 2014, Huang i Fu, 2014].

Stwierdzono, że na ogół rodzaj użytego do smażenia tłuszczu nie miał istotnego wpływu na teksturę prażynek ziemniaczanych. Siła potrzebna do zniszczenia prażynek wahała się od 10,36 do 13,33 N (Rys. 3). Twardość prażynek smażonych w oleju rzepakowym rafinowanym była najwyższa i różniła się statystycznie istotnie od najniższej tj. odnotowanej w prażynkach smażonych w oliwie, była również wyższa niż w smażonych w tłuszczach stałych, jednak nie były to różnice statystycznie istotne.



Rys. 2. Mikrostruktura prażynek smażonych w różnych tłuszczach, a) w smalcu, b) w oleju rzepakowym, c) w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno, d) w oliwie, e) we fryturze palmowej



Rys. 3. Tekstura prażynek ziemniaczanych smażonych w różnych tłuszczach, (gdzie a, b, - wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ ($n = 2 \times 3$)).

W ocenie instrumentalnej produktów przekąskowych stwierdzono, że chipsy smażone w olejach słonecznikowym i rzepakowym charakteryzowały się twardszą konsystencją w porównaniu ze smażonymi w tłuszczach stałych [Kita, 2006]. Podobne zależności stwierdzono podczas smażenia frytek ziemniaczanych [Kita i in., 2005; Kita 2014]. Z kolei porównując konsystencję chrupiek otrzymanych z pelletów, stwierdzono, że rodzaj tłuszczu w mniejszym stopniu wpływał na ich twardość. Chrupki charakteryzowały się podobną twardością, niezależnie od rodzaju tłuszczu, którego ilość była różna w chrupkach ok. 20%, a w chipsach ziemniaczanych ok. 40% [Kita 2006].

Wójtowicz i in. [2014] w badaniach prażynek ziemniaczanych (bez dodatków) wykazali siłę cięcia na poziomie 12,66 N, jednak zaobserwowano znacznie niższe wartości, gdy w recepturach zastosowano otręby żytnie (5,68 - 9,43 N) oraz owsiane (9,45 - 11,71 N). Górnicka i Kita [2011] dla pszennych chrupiek smażonych w różnych olejach odnotowały siłę niszczącą w teście cięcia na poziomie 17 - 25 N. Natomiast w badaniach Wójtowicz i Baltyn [2006] z wykorzystaniem komory Kramera w zależności od składu surowcowego i kształtu, łamliwość prażynek wahała się w przedziale od 0,70 do 4,74 N. Najmniejszą podatność na złamanie wykazały prażynki naturalne charakteryzujące się dużą twardością. Jako łamliwość określono pierwszy górny wierzchołek obciążenia podczas ściskania próby w momencie naruszenia jej struktury.

Jakość tłuszczów użytych do smażenia

Użyte w doświadczeniu tłuszcze roślinne i zwierzęce charakteryzowały się odmiennym pochodzeniem, sposobem otrzymywania i oczyszczania, a zatem

różnym składem chemicznym. W związku z tym, charakteryzowały je odmienne wartości parametrów chemicznych, określających ich jakość i stabilność oksydacyjną (Tab. 1). Wszystkie świeże tłuszcze przed smażeniem charakteryzowały się niskimi wartościami tych wskaźników.

Tab. 1. Jakość i stabilność oksydacyjna tłuszczów przed i po smażeniu

Oleje/ Wyróżniki jakości		LK [mgKOH/g]	LOO [meq/kg]	LAn	Totox	Rancimat [h]
Rafinowany rzepakowy	przed	0,11a	2,59a	3,88a	9,06a	4,18a
	po	0,17b	4,06b	22,40b	30,52b	-
Tłoczony rzepakowy	przed	0,67a	3,98a	0,08a	8,04a	3,73b
	po	0,73b	14,86b	25,80b	55,52b	-
Oliwa z oliwek <i>extra virgin</i>	przed	0,40a	12,55a	7,36a	32,46a	13,86c
	po	0,50b	22,95b	23,91b	69,82b	-
Smalec	przed	0,78a	3,26a	0,36a	6,87a	1,48d
	po	0,83b	11,50b	21,85b	44,84b	-

a, b - wartości oznaczone tymi samymi literami w kolumnie w ramach tego samego tłuszczu nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ ($n = 2 \times 3$)

Podczas smażenia tłuszcze ulegają stopniowej degradacji [Naz i in. 2005]. W niniejszej pracy zaobserwowano statystycznie istotne pogorszenie się jakości użytych do smażenia tłuszczów, już po 15 min smażenia w nich pelletów. Wzrósł nieznacznie stopień hydrolizy, ale szczególnie istotnie pierwotny i wtórny stopień utleniania (Tab. 1). Największe zmiany degradacyjne stwierdzono w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno (ogólny stopień utlenienia Totox wzrósł ok. 7 krotnie), w smalcu (ponad 6 krotnie), w oleju rzepakowym rafinowanym (ponad 3 krotnie), a najmniejsze w oliwie *extra virgin* (ponad 2 krotnie). Podobną stabilność oksydacyjną użytych do smażenia świeżych tłuszczów stwierdzono w teście Rancimat, najdłuższy czas indukcji miała oliwa z oliwek 13,86 h, rzepakowy rafinowany - 4,18 h, a najkrótsze tłoczony na zimno - 3,73 h i smalec - 1,48 h.

Wroniak i in. [2006] stwierdzili, że przebieg krzywych utleniania jest zbliżony dla olejów (tłoczony/rafinowany): słonecznikowego, rzepakowego i oliwy, przy czym szybciej wzrastała zawartość wtórnych produktów utleniania w olejach tłoczonych na zimno niż w ich odpowiednikach rafinowanych. Niska temperatura dymienia oleju rzepakowego tłoczonego na zimno średnio ok. 170°C sugeruje niską oporność na zmiany termooksydacyjne w porównaniu do rafinowanego, co wskazuje na ograniczone możliwości wykorzystania tego oleju do smażenia. Z założenia oleje tłoczone na zimno to oleje sałatkowe, do zastosowania na zimno.

Wnioski

1. Rodzaj użytego do smażenia tłuszczu istotnie wpływa na zawartość tłuszczu w prażynkach. Najwyższą zawartością tłuszczu charakteryzowały się prażynki smażone w tłuszczu palmowym, a najniższą w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno.
2. Analiza mikrostruktury przekroju uzyskanych prażynek pozwoliła stwierdzić, że różne jest rozmieszczenie tłuszczu w gotowym produkcie. Tłuszcze stałe takie jak smalec i tłuszcz palmowy przylegały do powierzchni prażynki, natomiast oleje ciekłe wypełniały pory wewnątrz i przy powierzchni, co wynika z różnic we właściwościach fizycznych tych tłuszczów.
3. Rodzaj użytego tłuszczu do smażenia na ogół nie miał istotnego wpływu na teksturę uzyskanych prażynek ziemniaczanych.
4. Krótkotrwałe smażenie produktów w analizowanych tłuszczach, powoduje istotne pogorszenie się ich jakości. Wzrasta stopień hydrolizy, pierwotny i wtórny stopień utleniania. Największe zmiany stwierdzono w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno, smalcu i rzepakowym rafinowanym, natomiast najmniejsze w oliwie z oliwek *extra virgin*.

Literatura

- [1] Casal S., Malheiro R., Sendas A., Oliveira B.P., Pereira J.A.: Olive oil stability under deep-frying conditions. *Food Chem Toxicol.*, 2010, 48, 2972–2979.
- [2] Górnicka E., Kita A.: Właściwości fizyko-chemiczne i sensoryczne chrupek pszennych smażonych w olejach wysokooleinowych. *Zeszyty Problemowe. Postępów Nauk Rolniczych*, 2011, 569, 103–111.
- [3] Gupta M. K.: Frying Oil. in: *Bailey's Industrial Oil And Fat Products*, ed. F. Shahidi, John Wiley & Sons, New York, 2005, vol. 4, 5, 11–12.
- [4] Huang P.-Y.H., Fu Y.-Ch.: Modelling the Kinetics of Water Loss during Deep-Fat Frying of Potato Particulates *Czech Journal of Food Science* 2014, (6) 32, 585–594.
- [5] Kita A., Lisińska G., Powolny G.: The influence of frying medium degradation on fat uptake and texture of French fries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, (7) 85, 1113–1118.
- [6] Kita A.: The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2014, (6) 116, 735–740.
- [7] Kita A.: Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław, 2006.
- [8] Kmiecik D., Korczak J.: Tłuszcze smaźalnictwa – jakość, degradacja termiczna i ochrona. *Nauka Przyroda Technologie*, 2010, (2) 4, 1–10.

- [9] Ledóchowska E., Hazuka Z., Grabiec-Kwiatk A.: Zmiany wybranych parametrów fizykochemicznych olejów oliwkowych i oleju rzepakowego w czasie procesu smażenia w cienkiej warstwie tłuszczu. *Tłuszcze Jadalne*, 2007, 42, 120-123.
- [10] Ledóchowska E., Hazuka Z.: Przemiany termooksydatywne wybranych olejów oliwkowych i oleju rzepakowego zachodzące w czasie ogrzewania i smażenia. *Tłuszcze Jadalne*, 2006, 41, 193-204.
- [11] Naz S., Siddigi R., Sheikh H., Sayeed S.A.: Deterioration of olive, corn and soybean oils due to air, light, heat and deep-frying. *Food Research International*, 2005, 38, 127-134.
- [12] Pęksa A., Kita A., Zięba T.: Wybrane właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych z różnym dodatkiem błonnika. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2004, 3 (40), 106–113.
- [13] PN-EN ISO 3960:2012. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
- [14] PN-EN ISO 660:2005. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
- [15] PN-EN ISO 6885:2008. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
- [16] PN-EN ISO 6886:2009. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie stabilności oksydatywnej (Test przyspieszonego utleniania).
- [17] Rossell J.B.: Industrial frying process. *Grasas y Aceites*, 1998, 49, 282-295.
- [18] Sakurai H., Yoshihashi T., Nguyen H.T.T., Pokorny J.: A new generation of frying oils. *Czech Journal of Food Science*, 2003, 21, 145-151.
- [19] Szukalska E.: Technologie stosowane do otrzymywania tłuszczów smażalniczych. *Tłuszcze Jadalne*, 2003a, (3-4) 38, 118–137.
- [20] Szukalska E.: Wybrane zagadnienia utleniania tłuszczów. *Tłuszcze Jadalne*, 2003b, 38, 42-61.
- [21] Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G.: Wpływ typu oleju na zawartość akryloamidu oraz barwę smażonych produktów przekąskowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 42, 498 – 502.
- [22] Tynek M., Bartczak A., Paczkowska R.: Porównanie przemian termooksydacyjnych zachodzących w wybranych olejach oliwkowych, oleinie palmowej i oleju rzepakowym podczas modelowego smażenia kawałków ziemniaków w głębokim tłuszczu. *Tłuszcze Jadalne*, 2007, 42, 110-119.
- [23] Wójtowicz A., Baltyn P.: Ocena wybranych cech jakościowych popularnych przekąsek ziemniaczanych, żywność. *Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 2 (47), 112 - 123.

- [24] Wójtowicz A., Dobosz R., Hodara K.: Ocena cech użytkowych pelletów ziemniaczanych. *Inżynieria Rolnicza*, 2001, 10, 405-410.
- [25] Wójtowicz A., Kozak M., Lewandowska Z.: Wybrane właściwości prażynek ziemniaczanych z dodatkiem otrąb zbożowych *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2014, 577, 115–124.
- [26] Wroniak M., Łukasik D., Maszewska M.: Porównanie stabilności wybranych olejów tłoczonych na zimno z olejami rafinowanymi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 46, 214-221.

OCENA PRZYDATNOŚCI OWOCÓW WYBRANYCH ODMIAN PAPRYKI DO MROŻENIA

MARTA ZALEWSKA-KORONA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ, WOJCIECH
RADZKI, WALDEMAR GUSTAW, ANETA SŁAWIŃSKA, MONIKA
MICHALAK-MAJEWSKA, KATARZYNA SKRZYPCZAK, ALEKSANDRA
CIOŁKOWSKA

Streszczenie

Celem pracy była ocena jakości owoców różnych odmian papryki (*Capsicum annuum* L.) i określenie przydatności do produkcji mrozonek. Surowcem do badań były owoce 10 odmian papryki, uprawianej w Mosznej koło Nałęczowa w nieogrzewanym tunelu foliowym. Wykorzystano następujące odmiany: Aifos, Belladonna, Fortesse, Kaptur, Pedrosas, Orange Glory, Red Knight, Shanghai, Tallante i Velero. Badania przeprowadzono w świeżym surowcu oraz po 3-miesięcznym okresie przechowywania w warunkach zamrażalniczych. Oznaczano barwę, zawartość suchej masy, ekstraktu ogółem, kwasowość, zawartość witaminy C oraz karotenoidów ogółem. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że pod względem przydatności do mrożenia na szczególną uwagę zasługuje odmiana Kaptur, charakteryzująca się wysoką zawartością witaminy C, karotenoidów, suchej masy i ekstraktu. Straty po procesie blanszowania i mrożenia są dla większości analizowanych składników tej odmiany najmniejsze. Odmiany o owocach zabarwionych na czerwono odznaczały się znacznie korzystniejszymi parametrami składu chemicznego w porównaniu do owoców żółtych i pomarańczowych. U wszystkich odmian po procesie mrożenia zaobserwowano spadek parametrów barwy a^* i b^* oraz wzrost parametru L^* , co świadczy o degradacji barwników karotenoidowych zawartych w owocach papryki podczas blanszowania i mrożenia.

Słowa kluczowe: papryka, mrożenie, barwa, witamina C, karotenoidy

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych elementów decydujących o wyniku produkcji we współczesnym rolnictwie jest odmiana. Czynniki odmianowe mają bezpośredni wpływ zarówno na wielkość, jak i jakość uzyskanych plonów. Od nowych odmian wymaga się obecnie nie tylko dużej plenności, ale także wysokiej zawartości związków biologicznie aktywnych. Poza cechami zewnętrznymi, które w dużej mierze decydują o atrakcyjności handlowej poszczególnych odmian zwraca się

uwagę na parametry związane z przydatnością do przechowywania oraz możliwością wykorzystania w przetwórstwie spożywczym [Gacek, 2013].

W Polsce spożycie roczne papryki wynosi 0,9 kg na mieszkańca. W ostatnich latach pojawiła się potrzeba obecności na rynku szerszej oferty produktów. Przemysł przetwórczy wykorzystuje owoce papryki do dań mrożonych, sosów, konserw oraz jako dodatek do zup w proszku. Ze względu na zakaz stosowania w wielu krajach niektórych syntetycznych substancji barwiących, wzrosło zainteresowanie pozyskiwaniem z owoców papryki naturalnych barwników [Korzeniewska, 2005; Perucka i in., 2010].

Papryka jest warzywem cenionym przez konsumentów ze względu na wysoką wartość biologiczną oraz niepowtarzalne walory smakowe. Bogata jest w witaminę C, karotenoidy oraz związki mineralne np. wapń, żelazo, potas i magnez. Owoce papryki odznaczają się bardzo specyficznym smakiem, mniej lub bardziej ostrym, który nadają im związki biologicznie czynne, głównie kapsaicyna. Substancje te wykazują właściwości znieczulające, przeciwzapalne oraz rozgrzewające, wspomagają trawienie tłuszczów. Papryka może być spożywana przez każdego człowieka. Jedynie przy schorzeniach przewodu pokarmowego, nerek i wątroby nie należy jeść jej w nadmiarze, szczególnie w postaci surowej [Buczkowska, 2005].

Najpopularniejsze odmiany w krajowej uprawie charakteryzują się czerwonymi owocami typu block. Ostatnio jednak widoczny jest wzrost zainteresowania owocami w kształcie stożka. Odmiany o owocach wybarwiających się na inny kolor niż czerwony mają od 10 do 20 % udziału w uprawie. Odmiany papryki preferowane w przetwórstwie warzywnym mają czerwone owoce o grubych ściankach, bez zagłębień przy szypułce. Hodowcom nowych odmian zależy na tym, by rośliny charakteryzowały się dużym wigorem, tworzyły sztywne pędy i mocny system korzeniowy, a owoce były na długich szypułkach, grubościenne, wyrównane co do kształtu i wielkości, wybarwiające się wcześniej i równomiernie [Gacek, 2013].

Mrożenie warzyw jest jedną z lepszych metod ich konserwowania, ponieważ w bardzo dużym stopniu zachowane są cechy surowca świeżego (smak, zapach i barwa). Sprzedaż mrożonej żywności ciągle rośnie w skali globalnej [Agoulon, 2013]. W Polsce obecnie produkuje się około 800 tys. ton mrożonek owocowych i warzywnych. W Unii Europejskiej Polska zajmuje drugie po Belgii miejsce w produkcji mrożonych warzyw. Spożycie mrożonek jest niewielkie, około 8 kg rocznie na mieszkańca, podczas gdy w USA ponad 45 kg [Jarczyk i Płocharski, 2010]. Papryka może być składnikiem mrożonych mieszanek warzywnych do przygotowania na patelni lub na parze. W handlu dostępne są: mieszanka włoska z dodatkiem żółtej i czerwonej papryki oraz mieszanka chińska i leczo z dodatkiem czerwonej papryki.

Celem pracy była ocena jakości owoców różnych odmian papryki (*Capsicum annuum* L.) i określenie przydatności do produkcji mrożonek.

Materiał i metody badań

Surowcem do badań były owoce 10 odmian papryki (6 o owocach czerwonych, 3 żółtych i 1 pomarańczowych), uprawianej w Specjalistycznym Gospodarstwie w Mosznej koło Nałęczowa w nieogrzewanym tunelu foliowym. Wykorzystano następujące odmiany: Aifos F1, Belladonna F1, Fortesse F1, Kapturek F1, Pedrosas F1, Orange Glory F1, Red Knight F1, Shanghai F1, Tallante F1 i Veleo F1. Owoce zostały zebrane w fazie pełnej dojrzałości w miesiącu wrześniu 2013 roku.

Zebrany surowiec umyto, wydrążono gniazda nasienne i każdy owoc pokrojono na 4-5 części. Część zebranego materiału poddano analizie dwie godziny po zbiorze. Pozostały materiał przed mrożeniem blanszowano w temp. 90°C przez 2 minuty, schłodzono i zamrożono w zamrażarce komorowej. Próbkę przechowywano w temperaturze -20°C przez trzy miesiące.

Badania przeprowadzono w świeżym surowcu oraz po 3- miesięcznym okresie przechowywania w warunkach zamrażalniczych. Oznaczano barwę stosując skalę CIA LAB za pomocą aparatu X-Rite 8200, analizy wykonano w 15 powtórzeniach. Oznaczano następujące parametry: jasność – L*, udział barwy czerwonej – a*, udział barwy żółtej – b*. W systemie CIELab jasność barwy wyrażana jako parametr L*, przyjmuje wartości od 0 do 100. Położenie danej barwy w przestrzeni barw wyrażane jest przez parametry a* i b*. Parametr a* określa położenie między barwą czerwoną i zieloną, b* określa położenie między barwą żółtą i niebieską. Z parametrów składu chemicznego oznaczano: zawartość suchej masy metodą wagową, ekstraktu ogółem metodą refraktometryczną przy pomocy refraktometru Digital Hand-held Refractometer DR201-95, kwasowość ogółem metodą miareczkowania w obecności wskaźnika, witaminy C metodą miareczkowania i karotenoidów metodą spektrofotometryczną według metodyk opisanych w Polskich Normach [PN-90/A-75101/02; PN-90/A-75101/03; PN-90/A-75101/04; PN-A-75101/11; PN-A-75101/12]. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach. W tabelach podano wartości średnie $\pm$ SD (odchylenie standardowe). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie testem Tukeya na poziomie istotności $p < 0,05$, przy użyciu programu Statistica 8.

Wyniki i dyskusja

Wyniki dotyczące analizy barwy owoców papryki świeżej i po trzech miesiącach przechowywania w stanie zamrożonym przedstawiono w Tab. 1. Barwa owoców jest jednym z czynników mających wpływ na wygląd i decydującym o akceptacji surowca przez konsumentów. Podczas dojrzewania owoców, jasność barwy (L), którą określa stosunek bieli do czarni, maleje. Im niższa wartość tego parametru tym lepsze wybarwienie owoców. Jasność we wszystkich badanych próbach surowca świeżego wahała się od 35,59 (odmiana Pedrosas) do 54,38 (odmiana Belladonna). Natomiast po procesach mrożenia i przechowywania wartości tego parametru wzrosły we wszystkich analizowanych próbach i wahały się od 39,39 do 70,11. Badania własne wykazały, że parametr barwy L* wynosił

dla świeżej papryki żółtej średnio 49,66; pomarańczowej 43,74; czerwonej 37,47. Podobne wartości zaobserwowali Surma-Zadora i współpracownicy [2011], u których parametr ten wynosił dla papryki żółtej 42,52, dla papryki pomarańczowej 43,86 a dla czerwonej 37,15. W badaniach Polak i Rudego [2005] parametr barwy L* dla papryki czerwonej przyjmował wyższe wartości wynosił średnio 54,2.

Parametr barwy a* był w owocach badanych odmian papryki zróżnicowany. W surowcu świeżym jak i mrożonym najniższą wartość parametr ten przyjmował u odmiany żółto-białej Belladonna (odpowiednio 1,15 i 1,11), najwyższą dla odmiany czerwonej Fortesse (37,65 -świeża; 32,7 - mrożona). Parametr barwy a* wynosił średnio dla owoców świeżych, żółtych 3,43, pomarańczowych 26,74 i czerwonych 33,34. Barwa jest cechą odmianową oraz świadczy o stopniu dojrzałości owoców. W badaniach Surmy-Zadory i innych [2011] parametr barwy a* przyjmował niższe wartości, wynoszące dla papryki żółtej 1,27, dla pomarańczowej 11,56, i dla czerwonej 19,83, podobnie według badań Polak i Rudego [2005] dla papryki czerwonej wynosił średnio 27,1.

W badanych odmianach wartość parametru b* różniła się istotnie. W surowcu świeżym jak i mrożonym najniższe wartości tego parametru stwierdzono dla owoców odmiany czerwonej Pedrosas (odpowiednio 15,76 dla surowca świeżego i 10,25 dla produktu mrożonego). Najwyższe wartości zaobserwowano dla owoców odmiany żółtej Tallante (odpowiednio 58,11 dla surowca świeżego i 46,62 dla mrożonego). Parametr barwy b* dla surowca świeżego odmian papryki o owocach koloru żółtego wynosił średnio 46,21; pomarańczowego 43,74; czerwonego 19,38. W badaniach Surmy-Zadory i wsp. [2011] wartości parametru b* były niższe i wynosiły dla papryki żółtej 24,33, pomarańczowej 26,45 a dla czerwonej 15,45. Według Polak i Rudego [2005] wartość parametru b* w owocach papryki czerwonej wynosiła 25,9.

Po procesie mrożenia i przechowywania przez okres trzech miesięcy zaobserwowano rozjaśnienie barwy owoców papryki, widoczne jako wzrost wartości parametru L* oraz obniżenie wartości parametrów barwy a* (zmniejszenie udziału barwy czerwonej) i b* (udziału barwy żółtej). Zmiany te świadczą o przebiegającej degradacji barwników karotenoidowych.

Wartości poszczególnych parametrów składu chemicznego surowca świeżego badanych odmian zestawiono w tabeli 2, natomiast produktu mrożonego przechowywanego przez okres 3 miesięcy w tabeli 3. Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi odmianami.

Duży wpływ na zawartość związków biologicznie aktywnych mogą wywierać: sposób uprawy, warunki klimatyczne i glebowe, stopień dojrzałości owoców. W przeprowadzonym doświadczeniu warunki te zostały ujednolicone, należy więc przypuszczać że zróżnicowana zawartość badanych związków jest cechą odmianową. Zawartość suchej masy i ekstraktu są cechami odmianowymi,

a hodowcy nowych odmian dążą do ich zwiększenia. Zawartość suchej masy w surowcu świeżym badanych odmian była istotnie zróżnicowana. Najniższe wartości uzyskano dla owoców odmiany Shanghai (5,18%), natomiast najwyższe zaobserwowano dla odmiany Kaptur (9,1%). Według Hallmann i współpracowników [2007] zawartość suchej masy wahała się od 8,45% w owocach papryki uprawianej konwencjonalnie do 9,58% w owocach z upraw ekologicznych. Według Peruckiej i Materskiej [2004] odmiana Red Knight posiada 7,31% suchej masy. W badaniach własnych tej samej odmiany uzyskano zbliżony wynik.

Tab. 1. Parametry barwy L*, a*, b* w owocach papryki świeżej oraz mrożonej i przechowywanej przez okres 3 miesięcy

Odmiana (barwa owoców)	Surowiec świeży			Produkt mrożony		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Aifos (czerwona)	38,41± 3,88 ^{a,b}	32,70± 2,31 ^d	20,48± 5,68 ^{b,c}	43,74± 1,49 ^b	27,19± 1,50 ^{d,e}	14,05± 1,31 ^{a-c}
Belladonna (żółta)	54,38± 2,37 ^e	1,15± 0,25 ^a	34,07± 2,27 ^d	70,11± 0,85 ^e	1,11± 0,18 ^a	21,25± 0,90 ^d
Fortesse (czerwona)	37,55± 2,40 ^{a,b}	37,65± 4,05 ^e	21,12± 2,43 ^{b,c}	43,74± 0,83 ^b	32,70± 1,88 ^f	16,41± 2,02 ^{b,c}
Kaptur (czerwona)	36,44± 1,68 ^a	33,95± 2,06 ^{d,e}	16,82± 2,16 ^{a,b}	40,75± 2,08 ^{a,b}	28,86± 4,45 ^{d-f}	12,93± 0,52 ^{a,b}
Orange Glory (pomarańczowa)	43,74± 2,28 ^c	26,74± 2,34 ^{b,c}	43,74± 2,34 ^e	49,20± 1,36 ^c	21,33± 0,94 ^{b,c}	31,98± 1,90 ^f
Pedrosas (czerwona)	35,59± 1,80 ^a	28,49± 3,27 ^{b,c}	15,76± 2,21 ^a	39,39± 3,19 ^a	19,22± 3,65 ^b	10,25± 3,02 ^a
Red Knight (czerwona)	40,35± 1,09 ^{b,c}	36,60± 3,54 ^e	23,80± 1,21 ^c	43,06± 1,69 ^b	31,67± 2,20 ^{e,f}	17,19± 1,84 ^c
Shanghai (żółta)	50,85± 1,11 ^d	4,40± 1,42 ^a	46,45± 4,53 ^e	55,83± 0,79 ^d	4,19± 0,47 ^a	26,53± 2,68 ^e
Tallante (żółta)	43,74± 2,89 ^c	4,74± 1,39 ^a	58,11± 3,58 ^f	57,92± 0,73 ^d	4,34± 0,94 ^a	46,62± 2,42 ^g
Velero (czerwona)	36,46± 2,98 ^a	30,62± 3,36 ^{c,d}	18,29± 3,27 ^{a,b}	42,01± 2,14 ^{a,b}	24,81± 2,09 ^{c,d}	10,35± 0,61 ^a

Wartości w kolumnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie pod względem statystycznym przy p<0,05

W produkcie mrożonym przechowywanym przez okres 3 miesięcy zawartość suchej masy była niższa niż w surowcu świeżym i wahała się od 3,34% (odmiana Shanghai) do 8,17% (odmiana Kaptur). Ubytek zawartości suchej masy po mrożeniu spowodowany był procesem blanszowania surowca. Straty

w zawartości suchej masy wahają się w granicach od 10,2% (odmiana Kaptur) do 35,5% (odmiana Shanghai). Najniższe straty odnotowano dla odmian o owocach czerwonych (średnio 19,0%), natomiast najwyższe dla odmian o owocach żółtych (średnio 32,6%).

Jednym z czynników wpływających na jakość owoców jest zawartość ekstraktu, czyli składników rozpuszczalnych w soku komórkowym. Większa zawartość wody powoduje, że owoce takie są towarem stwarzającym problemy w trakcie transportu i przechowywania do chwili przerobu. Zawartość ekstraktu ogółem kształtowała się analogicznie do zawartości suchej masy. W surowcu świeżym wahała się w granicach od 5,07% (Shanghai) do 8,37% (Kaptur). W badaniach Gajc-Wolskiej i wsp. [2005] zawartość ekstraktu w owocach papryki słodkiej wahała się od 4,8% do 7,2%. W pracy Buczkowskiej i innych [2014] stwierdzono, że zawartość ekstraktu w owocach siedmiu odmian papryki słodkiej była zbliżona do wartości uzyskanych w badaniach własnych i wahała się od 5,5% do 7,5%.

W produkcie mrożonym odnotowano straty zawartości ekstraktu spowodowane procesem blanszowania. Wahały się one w granicach od 4,9% (odmiana Kaptur) do 17,9% (Fortesse).

Kwasowość ogólna dla papryki świeżej wahała się od 0,14% dla odmiany Belladonna do 0,34% dla odmiany Kaptur. Według Jadczak i Grzeszczuk [2009] kwasowość waha się od 0,13% do 0,32%. W produkcie mrożonym kwasowość kształtowała się analogicznie jak w surowcu świeżym. Najniższą wartość stwierdzono w owocach odmiany Belladonna (0,07%), najwyższą w owocach odmiany Kaptur (0,28%).

Badane odmiany różniły się istotnie pod względem zawartości witaminy C. Najniższe wartości stwierdzono w owocach odmiany Belladonna (147,6 mg/100 g), najwyższe- odmiany Aifos F (167,56 mg/100 g). Według Elkner i innych [2010] zawartość witaminy C jest zbliżona i wynosi średnio 156,09 mg/100 g świeżej masy. Według Hallmann i innych [2007] zawartość witaminy C waha się od 119,99mg/100g w owocach papryki uprawianej konwencjonalnie do 152,14mg/100g w owocach z upraw ekologicznych. Według Lee i Kadera [2000] zawartość witaminy C w czerwonych owocach wynosi 151mg/100g i jest większa niż w owocach innego koloru (129 mg/100g), co potwierdzają przeprowadzone badania. Według Surmy-Zadory i innych [2011] najwyższą zawartość witaminy C stwierdzono w owocach czerwonych (157,1mg/100g), następnie zielonych (155,9 mg/100g), pomarańczowych (139,4 mg/100g) i żółtych (135,8mg/100g). Niniejsza praca wykazuje podobną zależność - w owocach czerwonych średnia zawartość witaminy C wynosiła 161,8 mg/100g, w pomarańczowych 150,7 mg/100g i w żółtych – średnio 148,5mg/100g. Straty po mrożeniu wynosiły średnio 26,3%. Najmniejsze zaobserwowano w przypadku owoców odmiany Aifos- 22,4%, największe dla odmiany Tallante 30,2%. Według Agbemaflę i innych [2013] po 48 dniach przechowywania papryki w warunkach chłodniczych straty witaminy C wynosiły 41,1%.

Zawartość karotenoidów ogółem dla papryki świeżej kształtowała się na poziomie od 1,77 mg/100 g dla owoców odmiany Belladonna do 6,31 mg/100 g dla odmiany Kaptur. Najniższa była w owocach barwy żółtej (średnio 2,09 mg/100g), 2,21 mg/100g (w owocach pomarańczowych), najwyższa w owocach czerwonych (średnio 5,24 mg/100g). W badaniach Matsufuji i współpracowników [2007] tendencje były podobne, a zawartość karotenoidów ogółem wahała się od 1,22 mg/100g w owocach zielonych, 2,55 mg/100g w żółtych, 3,71 mg/100g w pomarańczowych do 9,15 mg/100g w owocach czerwonych. Po okresie przechowywania mrożonek przez 3 miesiące zawartość karotenoidów uległa zmniejszeniu i wahała się od 0,52 mg/100 g dla odmiany Belladonna do 5,14 mg/100g dla odmiany Kaptur. Straty wyniosły od 18,5 do 69,4%, co świadczy o degradacji barwników karotenoidowych spowodowanej przede wszystkim procesem blanszowania.

Tab. 2. Wybrane parametry składu chemicznego owoców papryki świeżej

Odmiana	Sucha masa [%]	Ekstrakt ogółem [%]	Kwasowość [%]	Witamina C [mg/100g]	Karotenoidy ogółem [mg/100g]
Aifos	7,60± 0,21 ^{c,d}	6,43± 0,15 ^b	0,21± 0,01 ^{d,e}	167,56± 1,73 ^f	4,12± 0,00 ^c
Belladonna	6,63± 0,33 ^b	5,50± 0,01 ^a	0,14± 0,00 ^a	147,60± 0,56 ^a	1,77± 0,14 ^a
Fortesse	9,00± 0,05 ^{e,f}	7,47± 0,09 ^{c,d}	0,23± 0,01 ^{e,f}	163,95± 0,53 ^e	5,40± 0,13 ^e
Kaptur	9,10± 0,10 ^f	8,37± 0,01 ^e	0,33± 0,02 ^g	162,97± 0,36 ^e	6,31± 0,25 ^f
Orange Glory	7,59± 0,14 ^{c,d}	6,87± 0,05 ^b	0,19± 0,00 ^{c,d}	150,67± 1,58 ^{b,c}	2,21± 0,06 ^b
Pedrosas	7,46± 0,29 ^c	6,97± 0,44 ^{b,c}	0,24± 0,00 ^f	152,62± 0,11 ^c	4,81± 0,03 ^d
Red Knight	7,44± 0,20 ^c	6,77± 0,39 ^b	0,21± 0,01 ^{d,e}	165,33± 0,50 ^{e,f}	5,54± 0,20 ^e
Shanghai	5,18± 0,48 ^a	5,07± 0,09 ^a	0,16± 0,02 ^{a,b}	148,23± 0,92 ^{a,b}	2,31± 0,01 ^b
Tallante	8,53± 0,16 ^{e,f}	6,67± 0,13 ^b	0,18± 0,00 ^{b,c}	149,74± 1,64 ^{a-c}	2,19± 0,05 ^b
Velero	8,27± 0,40 ^{d,e}	7,57± 0,06 ^d	0,22± 0,01 ^{e,f}	158,41± 0,03 ^d	5,23± 0,04 ^e

Wartości w kolumnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie pod względem statystycznym przy $p < 0,05$

Tab. 3. Wybrane parametry składu chemicznego owoców papryki mrożonej, przechowywanej przez 3 miesiące

Odmiana	Sucha masa	Ekstrakt	Kwasowość	Witamina C	Karotenoidy

	[%]	ogółem [%]	[%]	[mg/100g]	ogółem [mg/100g]
Aifos	5,82± 0,05 ^{c,d}	5,88± 0,51 ^b	0,14± 0,02 ^{a-c}	129,97± 1,55 ^f	1,26± 0,01 ^b
Belladonna	4,64± 0,19 ^b	4,83± 0,44 ^a	0,09± 0,01 ^a	103,05± 2,04 ^a	0,55± 0,10 ^a
Fortesse	6,57± 0,34 ^d	6,13± 0,60 ^b	0,12± 0,01 ^{a-c}	119,21± 2,60 ^{c-d}	2,90± 0,03 ^d
Kaptur	8,17± 0,78 ^e	7,96± 0,36 ^c	0,28± 0,05 ^d	121,49± 1,61 ^e	5,14± 0,01 ^f
Orange Glory	5,55± 0,16 ^c	5,87± 0,05 ^b	0,13± 0,01 ^{a-c}	115,44± 1,90 ^{c,d}	0,81± 0,15 ^a
Pedrosas	6,30± 0,17 ^{c,d}	6,51± 0,07 ^b	0,16± 0,02 ^c	117,03± 2,00 ^{c-e}	2,27± 0,07 ^c
Red Knight	6,15± 0,23 ^{c,d}	6,23± 0,10 ^b	0,15± 0,00 ^{b,c}	120,21± 0,65 ^{d,e}	3,42± 0,04 ^e
Shanghai	3,34± 0,05 ^a	4,63± 0,47 ^a	0,10± 0,00 ^{a,b}	108,78± 1,05 ^b	0,77± 0,03 ^a
Tallante	5,77± 0,04 ^{c,d}	6,21± 0,11 ^b	0,12± 0,02 ^{a-c}	105,87± 1,96 ^{a,b}	0,79± 0,11 ^a
Velero	6,55± 0,21 ^d	6,58± 0,07 ^b	0,12± 0,01 ^{a-c}	114,67± 2,48 ^c	2,29± 0,21 ^c

Wartości w kolumnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie pod względem statystycznym przy $p < 0,05$

Wnioski

1. Pod względem oceny przydatności owoców papryki do mrożenia na szczególną uwagę zasługuje odmiana Kaptur, charakteryzująca się wysoką zawartością witaminy C, karotenoidów, suchej masy i ekstraktu. Straty po procesie blanszowania i mrożenia są dla większości analizowanych składników tej odmiany najmniejsze.
2. Odmiany o owocach zabarwionych na czerwono odznaczały się znacznie korzystniejszymi parametrami składu chemicznego w porównaniu do owoców żółtych i pomarańczowych.
3. Pod względem barwy wśród odmian o owocach czerwonych najlepiej wybarwione były odmiany Fortesse i Red Knight, dla których stwierdzono najwyższe wartości parametru barwy a^* a wśród odmian o owocach żółtych Tallante, dla której stwierdzono najwyższą wartość parametru barwy b^* . Owoce tych odmian charakteryzowały się największą stabilnością barwy po procesie mrożenia.
4. U wszystkich odmian po procesie mrożenia zaobserwowano spadek parametrów barwy a^* i b^* oraz wzrost parametru L^* . Świadczy to o degradacji

barwników karotenoidowych zawartych w owocach papryki podczas blanszowania i mrożenia.

Literatura

- [1] Agbemaflle R., Adugpo G.E., Asare A.T., Obodai E.A., Otwere C.M.: Effects of pre-storage treatments (using brine and vinegar) and refrigerated storage on vitamin C, β -carotene, microbial load and shelf-life of red pepper (*Capsicum frutescens*). Asian Journal of Plant Science and Research, 2013, 3(1), 129-140.
- [2] Agoulon A.: Wpływ parametrów mrożenia na charakterystykę żywności. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 2013, 10, 4-5.
- [3] Buczkowska H.: Uprawa papryki w polu. Plantpress Sp. z o. o, Kraków, 2005, s. 3-15.
- [4] Buczkowska H., Sałata A., Rożek E.: Diversity of the utility and biological value of fruits of some sweet pepper cultivars. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 2014, 13(4), 49-62.
- [5] Elkner K., Kosson R., Grzegorzewska M.: Ocena wpływu warunków przechowywania na jakość warzyw świeżych i przetworzonych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej, Streszczenie wyników badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2009 roku, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa, 2010, 43-50.
- [6] Gacek E.: Lista Opisowa Odmian. Rośliny Warzywne 2013. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka, 2013, 7- 32.
- [7] Gajc-Wolska J., Zielony T., Radzanowska J.: Ocena plonowania i jakości owoców papryki słodkiej (*Capsicum annuum* L.). Zeszyty Naukowe AR Wrocław, 2005 Rolnictwo 86, s.139-147.
- [8] Hallmann E., Rembiałkowska E., Szafirowska A., Grudzień K.: Znaczenie surowców z produkcji ekologicznej w profilaktyce zdrowotnej na przykładzie papryki z uprawy ekologicznej. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 2007, 58(1), 77-82.
- [9] Jadczak D., Grzeszczuk M.: Papryka ostra - cenna roślina przyprawowa i lecznicza, Panacea, 2009, 03, 14-16.
- [10] Jarczyk A., Płocharski W.: Technologia produktów owocowych i warzywnych. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Humanistycznej im. profesora Szczepana A. Pieniążka, Skierniewice, 2010, tom 2, 7-8.
- [11] Korzeniewska A.: Uprawa papryki w polu. Wydawnictwo Hortpress Sp. z o. o., Warszawa, 2005, 9-17.
- [12] Lee S. K., Kader A. A.: Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 2000, 20 (3), 207-220.
- [13] Matsufuji H., Ishikawa K., Nunomura O., Chino M., Takeda M.: Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and

- red (*Capsicum annuum* L.), International Journal of Food Science and Technology, 2007; 42, 1482-1488.
- [14] Perucka I., Materska M.: Wpływ dolistnego stosowania jonów Ca^{2+} oraz procesu suszenia na zawartość α - tokoferolu, β -karotenu i ksantofili w owocach papryki słodkiej, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2004, 41 (4), 117-123.
 - [15] Perucka I., Materska M., Jachacz L.: Ocena jakości preparatów otrzymanych z wysuszonych owoców papryki (*Capsicum annuum* L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 1 (68), 30-39.
 - [16] PN-90/A-75101/02. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowywanie próbek i badań fizykochemicznych. Oznaczenie zawartości ekstraktu ogólnego.
 - [17] PN-90/A-75101/03. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowywanie próbek i badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową.
 - [18] PN-90/A-75101/04. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowywanie próbek i badań fizykochemicznych. Oznaczanie kwasowości ogólnej.
 - [19] PN-A-75101/11. Przetwory owocowe i warzywne. Oznaczanie zawartości witaminy C.
 - [20] PN-A-75101/12. Przetwory owocowe i warzywne. Oznaczanie zawartości sumy karotenoidów.
 - [21] Polak R., Rudy S.: Model matematyczny zmiany barwy papryki podczas procesu sublimacyjnego suszenia. Inżynieria Rolnicza, 2005, 4, 145-153.
 - [22] Surma-Zadora M., Cieślik E., Grzych-Tuleja E., Bodzioch A.: Próba znalezienia współzależności pomiędzy zawartością witaminy C a barwą papryki, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2011, 44 (1), 17-24.

OCENA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNYCH KLEIKÓW Z MIESZANEK MĄK PSZENNYCH O ZRÓŻNICOWANEJ WARTOŚCI WYPIEKOWEJ

PIOTR ZARZYCKI, ALDONA SOBOTA, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA,
ANNA WIRKIJOWSKA, ZBIGNIEW RZEDZICKI, KATARZYNA
BARTOSZEK, EWELINA KUZAWIŃSKA, STANISŁAW MLEKO, MARTA
TOMCZYŃSKA-MLEKO

Streszczenie

Celem pracy była ocena właściwości reologicznych kleików mąk pszennych o zróżnicowanej wartości wypiekowej oraz określenie możliwości modyfikacji cech reologicznych poprzez sporządzanie mieszanek z mąk różniących się właściwościami wypiekowymi. Materiał badawczy stanowiły mąki otrzymane z przemiału 4 odmian pszenicy. Pszenica była uprawiana przy zastosowaniu dwóch poziomów agrotechniki, różniących się dawką nawożenia azotowego. Ocena wartości technologicznej mąki obejmowała określenie: wyciągu, popiołowości, wilgotności, ilości i jakości glutenu oraz liczby opadania. Charakterystykę kleikowania 15% wodnych zawiesin mąk pszennych wykonano dla mąk pszennych przed i po zmieszaniu. Mieszaniny mąk sporządzano poprzez mieszanie mąk o różnych właściwościach w proporcjach: 20:80, 40:60, 60:40 oraz 80:20. Do pomiarów użyto lepkościomierza rotacyjnego wyposażonego w układ pomiarowy współosiowych cylindrów. Zwiększony poziom nawożenia azotowego spowodował zwiększenie zawartości glutenu, obniżenie rozpuszczalności glutenu, wzrost wartości liczby opadania i liczby glutenowej oraz obniżenie lepkości maksymalnej i końcowej kleików mąk pszennych. Sporządzanie mieszanek mąk pozwala na znaczną modyfikację charakterystyk kleikowania mąk o wysokich wartościach lepkości pozornej kleików. Wykazano nieprostopadłą zmianę lepkości maksymalnej, lepkości po osiągnięciu temp. maksymalnej i po przetrzymaniu w tej temp. przez 15 min, lepkości końcowej oraz wartości breakdown i setback wraz ze zmianą udziału poszczególnych mąk w mieszaninach.

Słowa kluczowe: mąka pszenna, lepkość pozorna, wartość wypiekowa

Wprowadzenie

Jakość pieczywa oraz innych produktów mącznych, zależy w dużej mierze od właściwości technologicznych użytej mąki. Wartość wypiekowa mąki oceniana jest za pomocą metod pośrednich i bezpośrednich. W metodach pośrednich określa

się skład chemiczny oraz cechy fizyczne mąki. Metody bezpośrednie polegają na próbnym wypieku laboratoryjnym i ocenie otrzymanego pieczywa. Wykorzystanie metod pośrednich opiera się na istnieniu zależności pomiędzy wynikami jednej i drugiej oceny. Wyniki badań wskazują jednak, że zależnie od rodzaju surowca nie zawsze możliwe jest określenie bezpośredniej zależności między tymi ocenami [Majewska i in., 2007].

Właściwości wypiekowe mąki w dużym stopniu zależą od kleikowania skrobi i aktywności amylolitycznej mąki [Sahlström i in., 2003]. Jednym ze sposobów oceny właściwości skrobi jest badanie zmian lepkości zawiesiny mąki w wodzie w środowisku stopniowego wzrostu temperatury, przetrzymywania w wysokiej temperaturze oraz chłodzenia otrzymanych kleików [Fortuna i in., 2004, Ragae i Abdel-Aal, 2006]. Zmiany lepkości następujące w kolejnych fazach pomiaru mogą świadczyć o takich właściwościach skrobi jak: zdolność pęcznienia, kleikowania, odporność na ścinanie, zdolność do retrogradacji, pozwalając tym samym na pełniejszą ocenę wartości wypiekowej mąki. Podstawowymi parametrami reologicznymi, które zostają wyznaczone w czasie badania zmian lepkości zawiesin mąk w czasie ogrzewania i chłodzenia są: lepkość początkowa (*initial viscosity*), maksymalna (*peak viscosity*), lepkość po osiągnięciu temperatury maksymalnej i po przetrzymaniu w tej temperaturze przez założony czas oraz lepkość końcowa (*final viscosity*). Określa się także różnicę pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików, tzw. *breakdown*, oraz różnicę pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików, tzw. *setback* [Ragae i Abdel-Aal, 2006; Zarzycki i in., 2014].

Poszczególne parametry reologiczne mogą zostać wykorzystane do oceny wartości wypiekowej mąki. Mąki pszenne o niskiej lepkości maksymalnej kleików wykazują np. wysoką aktywnością enzymów amylolitycznych. Wysoka aktywność amylolityczna sprzyja nadmiernej dekstrynizacji skrobi, prowadząc do wzrostu zawartości cukrów prostych, intensyfikując w ten sposób procesy fermentacyjne. Uzyskane z takiej mąki pieczywo charakteryzuje się płaskim bochenkiem, mocno zabarwioną i odstającą skórką oraz wilgotnym nieelastycznym i lepkiem miękiszem o ciemnej barwie [Dojczew, 2004]. Wysoka lepkość maksymalna kleików z kolei jest charakterystyczna dla mąki o niskiej aktywności enzymów amylolitycznych, a uzyskane z niej pieczywo odznacza się kulistym kształtem, małą objętością, bladą skórką oraz suchym miękiszem z tendencją do kruszenia się [Ostasiewicz i in., 2009]. Wartość lepkości maksymalnej określa także zdolności granul skrobiowych do absorpcji wody i pęcznienia [Singh i in., 2003; Ragae i Abdel-Aal, 2006; Gupta i in., 2009]. Według Singh i in. [2003], Konopki i in. [2004] oraz Blazek i Copeland [2008] skrobie o większej zawartości amylopektyny wykazują większą zdolność pęcznienia i tworzą w trakcie ogrzewania kleiki o wyższej lepkości maksymalnej. Odmienne wyniki badań publikują Gupta i in. [2009]. Autorzy ci wykazali dodatnią korelację pomiędzy maksymalną lepkością kleików skrobi jęczmiennej, pszennej, kukurydzianej i ryżowej a zawartością amylozy.

Według Yoo i Jane [2002] oraz Sahlströma i in. [2003] wpływ na lepkość maksymalną kleików ma dodatkowo zawartość kompleksów amylozowo-lipidowych – zwiększenie ich zawartości może być przyczyną obniżenia lepkości maksymalnej.

Istotne znaczenie ze względów technologicznych ma także różnica pomiędzy poszczególnymi parametrami reologicznymi [Singh i in. 2003; Ragaei i Abdel-Aal, 2006; Gupta i in., 2009]. Według Sahlströma i in. [2003] w piekarnictwie zalecana jest duża lepkość początkowa i końcowa oraz mała różnica pomiędzy lepkością maksymalną i końcową. Wyniki badań wcześniejszych wykazały, że zwiększenie objętości pieczywa pszennego można uzyskać poprzez stosowanie mąk o wysokiej lepkości początkowej, niskiej lepkości maksymalnej oraz końcowej oraz odznaczających się niską wartością setback [Zarzycki i in., 2014].

Pomiary lepkości pozornej kleików w trakcie stopniowego wzrostu temperatury mogą stanowić także lepszą metodę oceny aktywności amylolitycznej mąki w porównaniu do pomiarów liczby opadania [Graybosch i in., 2000]. Stopniowe podwyższanie temperatury w czasie pomiarów lepkości stwarza korzystniejsze warunki do aktywności amylaz, wydłużając czas ich działania.

Celem pracy była ocena właściwości reologicznych kleików mąk pszennych o zróżnicowanej wartości wypiekowej oraz określenie możliwości modyfikacji cech reologicznych poprzez sporządzanie mieszanek z mąk różniących się właściwościami wypiekowymi. Określono również wpływ poziomu nawożenia azotowego na zmianę charakterystyk kleikowania mąk pszennych.

Material i metody badań

W badaniach wykorzystano 4 odmiany pszenicy (Premio, Radunia, Garantus, Nutka), pozyskane z Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian Ciecior, Punktu Doświadczalnego Czesławice. Odmiany te uprawiano przy zastosowaniu dwóch poziomów agrotechniki A1 (Agr 1 - poziom agrotechniczny podstawowy) i A2 (Agr 2 - poziom agrotechniczny zaawansowany). W poziomie A2 stosowano zwiększoną dawkę nawożenia azotowego o 40 kg/ha w stosunku do poziomu A1 oraz nawożenie dolistne preparatami wieloskładnikowymi.

Mąki pszenne otrzymano w wyniku przemiału laboratoryjnego. Ziarno pszenicy przed przemiałem nawilżano do 15,5%, kondycjonowano przez 24 h oraz dowilżano powierzchniowo bezpośrednio przed przemiałem. W pierwszym etapie ziarno przemielało w młynie śrutującym (Młyn laboratoryjny 5-walcowy, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). Otrzymane kaszki po rozfrakcjonowaniu wymielano na dwóch młynach wymielających, stosując walce gładkie o stopniowo zacieśnianej szczelinie roboczej do 100 µm (Młyn walcowy Typ SK, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). W uzyskanej mące pszennej oznaczano wilgotność, popiołowość [AACC, Method] oraz zawartość glutenu mokrego i jego cechy: wilgotność, rozpuszczalność

i elastyczność glutenu [PN-77/A-74041], a także liczbę opadania mąki [PN-ISO 3093:1996]. Liczbę glutenową wyliczano na podstawie uzyskanych wyników wg poniższego równania:

$$LG = a (2 - 0,065 R),$$

gdzie:

a - zawartość glutenu mokrego [%],

R - rozplywalność mokrego glutenu [mm].

Pomiary właściwości reologicznych kleików mąk pszennych wykonano stosując 15% (w/w) stężenie zawiesin mąk w wodzie destylowanej. Zawiesiny ogrzewano, w łaźni wodnej wstrząsanej (Elpan typ 357, Poland, częstotliwość 200 obr/min, amplituda 3), od temp. 25 do 95°C, przetrzymywano w temp. 95°C przez 15 min, po czym chłodzono do 25°C. W czasie ogrzewania i chłodzenia zachowano stały gradient temp. wynoszący 1 °C/min. Pomiary lepkości wykonywano po każdorazowej zmianie temp. o 1°C, określając lepkość początkową w temp. 25 °C, lepkość maksymalną w fazie ogrzewania (peak viscosity), lepkość w temp. 9 °C i po 15 min przetrzymaniu w tej temperaturze oraz lepkość końcową po wychłodzeniu kleików do temp. 25 °C (final viscosity). Określono różnicę pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików (breakdown) oraz różnicę pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików (setback). Pomiary lepkości pozornej wykonano przy użyciu reometru rotacyjnego (Mettler Rheomat RM 180, oprogramowanie RSI Orchestrator wersja V6.5.8.), stosując jako system pomiarowy współosiowy układ cylindrów (średnice cylindrów: 32,54 mm i 30 mm). Zastosowano stały gradient prędkości ścinania 1200 s⁻¹. Pomiary lepkości dla każdej próbki wykonywano w trzech powtórzeniach. W celu określenia możliwości modyfikacji właściwości reologicznych kleików mąk pszennych sporządzano mieszaniny z mąk różniących się między sobą liczbą opadania oraz właściwościami reologicznymi (Garantus-Nutka, Premio-Radunia) w następujących proporcjach: 20:80, 40:60, 60:40 oraz 80:20. W mieszaninach mąk oznaczono liczbę opadania mąki oraz lepkość pozorną wodnych zawiesin mąk pszennych.

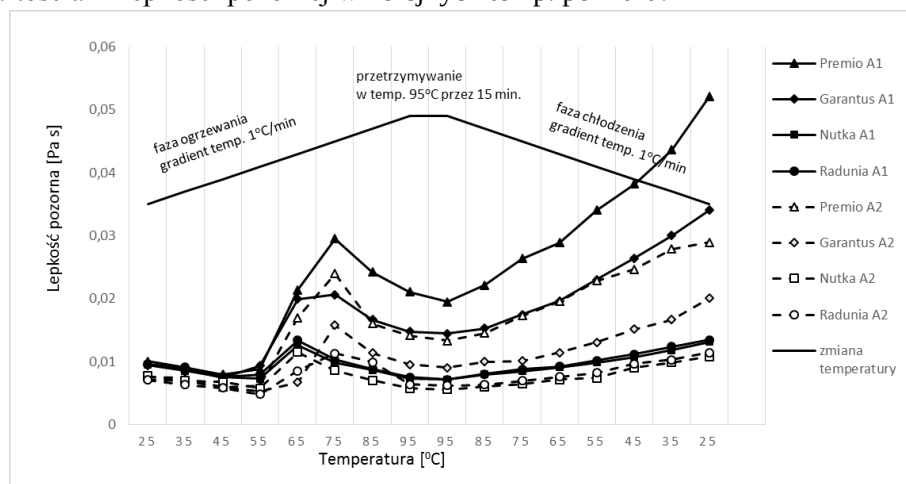
Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego SAS ver. 9.2. Wyliczano wartości średnie, odchylenia standardowe oraz istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi (test Duncana, α=0,05). Wyliczano także współczynniki korelacji liniowej (Pearsona, p=0,05) pomiędzy lepkością maksymalną kleików mąk pszennych a liczbą opadania.

Wyniki i dyskusja

W Tab. 1 przedstawiono charakterystykę otrzymanych mąk. Wyciąg mąki uzyskanej z przemiału wybranych odmian pszenicy wynosił od 61,1 do 68,3 %, a ich popiołowość zawierała się w zakresie 0,559 ÷ 0,574 %. Największy wyciąg mąki otrzymano z ziarna pszenicy odmiany 'Premio-A1', a najmniejszy z ziarna pszenicy odmiany 'Radunia-A2'. Zawartość glutenu mokrego była istotnie

($p \leq 0,05$) zróżnicowania i wynosiła od 24,6 do 30,6 %. Liczba glutenowa badanych mąk zawierała się w przedziale 34,82-46,86. Według Ambroziaka [1998] mąki przeznaczone do wypieku powinny charakteryzować się liczbą glutenową w zakresie 40-60. Wśród badanych odmian, niezależnie od stosowanego poziomu agrotechniki, mąka z odmian Garantus i Premio odznaczała się wysokimi wartościami liczby opadania (299-492 s) natomiast mąki z pszenic odmian Nutka i Premio wykazywały zbyt wysoką aktywnością amylolityczną (liczba opadania 150-173 s). Mąka pszenna, przeznaczona do wypieku pieczywa, powinna charakteryzować się średnią aktywnością amylolityczną, najlepiej w zakresie 200 – 280 s [Gąsiorowski, 2004]. Odnotowano nieznaczny wzrost zawartości glutenu i obniżenie jego rozpuszczalności wraz ze zwiększonym poziomem nawożenia azotowego (Tab. 1). Badania innych autorów wskazują, że zwiększony poziom nawożenia azotowego nie zawsze przekłada się na wzrost zawartości glutenu [Knapowski i in. 2010, Zarzycki i in., 2014]. Mąki otrzymane z pszenic uprawianych przy wyższym poziomie nawożenia azotowego charakteryzowały się także wyższą wartością liczby opadania (wyjątek stanowiła odmiana Garantus) oraz liczby glutenowej (Tab. 1).

Na Rys. 1 przedstawiono charakterystyki kleikowania badanych mąk pszennych. Odnotowano różnice pomiędzy wartościami reologicznymi poszczególnych kleików mąk pszennych oraz istotny wpływ poziomu nawożenia azotowego na przebieg krzywych kleikowania. Dla wszystkich badanych odmian odnotowano niższe wartości lepkości pozornej wyznaczonej w kolejnych temp. w przypadku mąk pochodzących z pszenic z poziomu agr. 2 w porównaniu do poziomu agr. 1. Największe zmiany odnotowano dla mąk z pszenic Premio i Garantus, charakteryzujących się wysokimi liczbami opadania i wysokimi wartościami lepkości pozornej w kolejnych temp. pomiaru.



Rys. 1. Charakterystyki kleikowania badanych mąk pszennych

W początkowej fazie ogrzewania odnotowano niewielkie zmiany lepkości spowodowane obniżeniem lepkości związanym ze wzrostem temperatury zawiesiny. W tym zakresie temperatury skrobia pszenna występuje w postaci nierozpuszczalnych granuli, wykazując ograniczoną zdolność do absorpcji wody i pęcznienia [Blazek i Copeland, 2008]. W temp. powyżej 50°C następuje gwałtowny wzrost lepkości zawiesin, spowodowany zwiększoną zdolnością skrobi do absorpcji wody i pęcznienia, prowadzącą do zmniejszenia ilości wody niezwiązanej [Gupta i in., 2009]. Podczas dalszego ogrzewania krzywa lepkości osiąga swoje maksimum i zaczyna opadać, ze względu na następującą degradację skrobi i zmniejszającą się przez to lepkość zawiesiny. W tym momencie określana jest lepkość maksymalna kleików. Najwyższą lepkość maksymalną odnotowano dla mąki Premio A1 i A2 (odpowiednio 0,029 i 0,024 Pas). Najniższe wartości odnotowano w przypadku mąk z pszenic Radunia i Nutka (odpowiednio 0,0134 oraz 0,0126 Pa s). Niska lepkość maksymalna kleików może świadczyć o bardzo wysokiej aktywności amylolitycznej. Potwierdzają to wyniki liczby opadania mąk (Tab. 1). Według Ravi i in. [17] pomiędzy wartością lepkości maksymalnej gorących kleików mąki pszennej a aktywnością alfa-amylazy istnieje ujemna korelacja.

Badania wcześniejsze wykazały wysoką korelację pomiędzy lepkością kleików mąk pszennych a liczbą opadania [Zarzycki i in., 2012, 2014]. W prezentowanych badaniach współczynnik korelacji (Persona) pomiędzy lepkością maksymalną a liczbą opadania wyniósł 0,89 ($p=0,0031$, $n=8$). Przeprowadzone badania wykazały także duży wpływ poziomu nawożenia azotowego na lepkość maksymalną kleików mąk pszennych. We wszystkich badanych kleikach mącznych odnotowano istotne obniżenie lepkości maksymalnej wraz ze zwiększonym poziomem nawożenia azotowego.

Przetrzykiwanie kleików w wysokiej temperaturze prowadzi do zmniejszenia lepkości. Ten etap, określany jako *breakdown*, pozwala na ocenę odporności skrobi na działanie wysokich temperatur i sił mechanicznych. Obniżenie lepkości przypisywane jest zrywaniu wiązań wodorowych w strukturach amylozy i amylopektyny [Fortuna i in., 2004; Ragaei i Abdel-Aal, 2006; Gupta i in., 2009]. Największe zmiany lepkości odnotowano dla mąk z pszenic odmiany Premio i Garantus (Rys. 1). Nie odnotowano natomiast znacznego wpływu poziomu agrotechniki na wartość *breakdown* - obliczone wartości *breakdown* dla mąk z pszenic poziomu A1 były zbliżone do wartości wyliczonych dla poziomu A2.

Ponowny wzrost lepkości, obserwowany na etapie wychładzania prób (Rys. 1), związany jest z postępującym procesem asocjacji składników obecnych w gorącym kleiku [Singh i in., 2003] oraz retrogradacją skrobi, w wyniku której dochodzi do utworzenia wiązań wodorowych pomiędzy sąsiednimi cząstkami amylozy i utworzenia struktury krystalicznej [Ragaei i Abdel-Aal, 2006; Gupta i in., 2009]. Faza ta, tzw. *setback*, jest wykorzystana do oceny zdolności skrobi do retrogradacji. Niska wartość *setback* wskazuje na małą zdolność skrobi do

retrogradacji [Ragaei i Abdel-Aal, 2006; Sathivel i in., 2013]. Proces retrogradacji skrobi, jest odpowiedzialny m.in. za czerstwienie pieczywa [Simpson i in., 2012]. W przypadku badanych mąk najmniejszy wzrost lepkości w czasie schładzania stwierdzono dla mąk z pszenic Nutka i Radunia (Rys. 1). Takie właściwości kleików mogą wskazywać na możliwość ograniczenia procesu czerstwienia wypieczonego pieczywa. Największy wzrost lepkości w czasie wychładzania następuje w przypadku mąki Premio (A1 i A2). Nie odnotowano natomiast, podobnie jak w przypadku breakdown, znacznego wpływu poziomu agrotechniki na wartość setback (Rys. 1). Jedynie w przypadku mąki z pszenicy Premio wartość setback dla poziomu Agr. 2 była 2-krotnie niższa w porównaniu do wartości wyznaczonej dla poziomu Agr. 1 (odpowiednio 0,015 i 0,03 Pas).

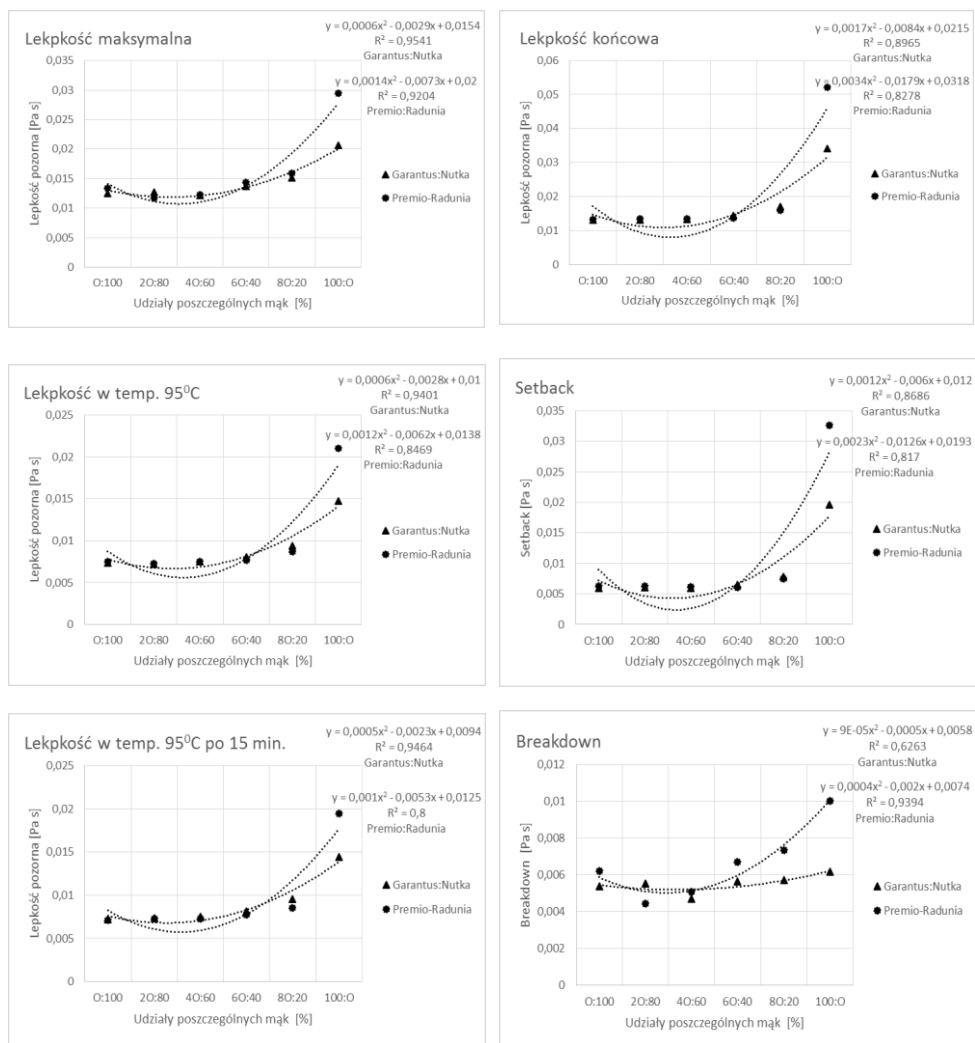
W kolejnym etapie badań określono zakres możliwości modyfikacji właściwości reologicznych poprzez sporządzenie mieszanek z mąk o zróżnicowanych wartościach wypiekowych i reologicznych. Na Rys. 2 i 3 przedstawiono zmiany podstawowych parametrów reologicznych: lepkości maksymalnej, lepkości po osiągnięciu temperatury maksymalnej i po przetrzymaniu w tej temperaturze przez 15 min., lepkości końcowej oraz wartości breakdown i setback w zależności od udziału poszczególnych mąk w mieszaninach. Zmiany wszystkich badanych parametrów mają charakter nie prostoliniowy, co potwierdzają wyznaczone równania regresji oraz wysokie wartości współczynników determinacji R^2 . Wprowadzenie do mieszanek 20% dodatku mąk o niskich wartościach lepkości pozornej powoduje znaczne obniżenie lepkości mieszanek. Przy dalszym zwiększaniu udziału tych mąk w mieszaninach zmiany lepkości są już nieznaczne. Przeprowadzone badania wykazały zatem dużą możliwość redukcji wartości poszczególnych parametrów reologicznych kleików w przypadku mąk odznaczających się wysokimi wartościami lepkości pozornej. Nieefektywna natomiast wydaje się możliwość postępowania przeciwnego a mianowicie podniesienia wartości poszczególnych parametrów w przypadku mąk o niskich lepkościach, wymaga bowiem zastosowania dość znacznych dodatków mąk o wysokiej lepkości kleików. Podobnie jak w przypadku mąk przed zmieszaniem również po zmieszaniu odnotowano wysoką korelację pomiędzy lepkością maksymalną a liczbą opadania ($R=0,77$; $p=0,0005$; $n=16$).

Tab. 1. Charakterystyka badanych mąk pszennych

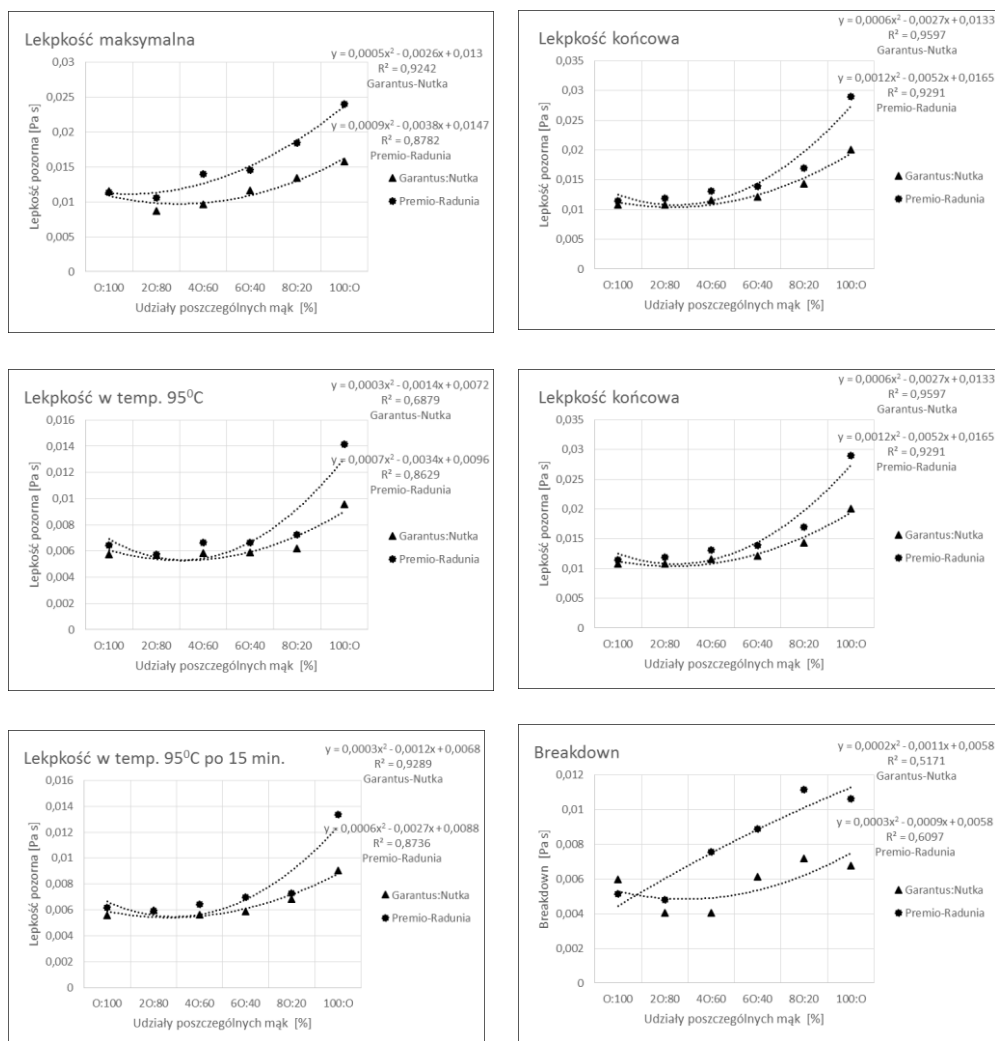
Wskaźnik		Odmiana pszenicy			
		Podstawowy poziom agrotechniki (A1)			
		Garantus	Nutka	Premio	Radunia
Wyciąg mąki		64,15b±0,25	66,9a±0,95	68,3a±1,04	64,65b±1,35
Wilgotność mąki		14,3d±0,11	13,59f±0,04	12,02h±0,05	12,87g±0,11
Popiołowość mąki		0,559c±0,002	0,554d±0,001	0,552d±0,001	0,559c±0
Gluten	Zawartość [%]	27,8c±0,1	30,6a±0,7	26,1d±0,2	24,6f±0
	Wilgotność [%]	64,4b±0,7	68,4a±0,7	63,4cb±0,4	64,9b±0,1
	Rozpływalność [mm]	11,5a±0,9	11a±0,5	5,7c±0,3	5,3c±0,3
Liczba glutenowa [-]		34,82	39,33	42,66	40,70
Liczba opadania [s]		353c±19	161e±12	400b±21	150e±11

Wskaźnik		Odmiana pszenicy			
		Zaawansowany poziom agrotechniki (A2)			
		Garantus	Nutka	Premio	Radunia
Wyciąg mąki		61,7c±1,16	61,1c±1,72	61,4c±0,63	54,5d±1,67
Wilgotność mąki		15,46a±0,17	14,79c±0,03	13,98e±0,06	15,14b±0,12
Popiołowość mąki		0,564b±0,002	0,565b±0,004	0,563b±0,002	0,574a±0,003
Gluten	Zawartość [%]	29,1b±0,3	30,6a±0,7	26,8d±0	25,3e±0,1
	Wilgotność [%]	64,2cb±1,4	60,7d±2,1	64,6b±0,2	61,6cd±3,2
	Rozpływalność [mm]	11,3a±0,6	8,8b±0,6	3,8d±0,3	4,8c±0,8
Liczba glutenowa [-]		36,77	43,64	46,86	42,57
Liczba opadania [s]		299d±11	166e±9	492a±16	173e±6

Objaśnienie:- wartość średnia ± odchylenie standardowe; n = 3, średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie (Duncan; p≤0,05)



Rys. 2. Zmiany właściwości reologicznych w zależności od udziału w mieszaninach mąk o różnych wartościach wypiekowych - mąki z pszenic Agr 1.



Rys. 3. Zmiany właściwości reologicznych w zależności od udziału w mieszaninach mąk o różnych wartościach wypiekowych - mąki z pszenic Agr 2.

Wnioski

1. Zwiększony poziom nawożenia azotowego spowodował zwiększenie zawartości glutenu, obniżenie rozpuszczalności glutenu, wzrost wartości liczby opadania mąk i liczby glutenowej. Odnotowano także obniżenie lepkości maksymalnej i końcowej 15% kleików mąk pszennych. Nie odnotowano natomiast wpływu poziomu nawożenia na wartość breakdown i setback.
2. Stwierdzono wysoką korelację pomiędzy liczbą opadania a lepkością maksymalną 15% kleików mąk pszennych.
3. Sporządzanie mieszanek mąk o zróżnicowanych właściwościach reologicznych pozwala na znaczną modyfikację tych właściwości

w przypadku mąk o wysokich wartościach lepkości pozornej kleików. Wykazano nie prostoliniową zmianę lepkości maksymalnej, lepkość po osiągnięciu temperatury maksymalnej i po przetrzymaniu w tej temperaturze przez 15 min, lepkości końcowej oraz wartości breakdown i setback wraz ze zmianą udziału poszczególnych mąk w mieszankach.

4. Nie zaleca się modyfikowania właściwości reologicznych mąk o niskich lepkościach pozornych kleików, ze względu na nieliniowość zmian i konieczność stosowania znacznych dodatków mąk o wysokiej lepkości.

Literatura

- [1] AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, American of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [2] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-ciastkarska cz. 1. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.
- [3] Blazek J., Copeland L.: Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylase content. Carbohydrate Polymers, 2008, 71, 380-387.
- [4] Dojczew D., Sobczyk M., Grodzicki K., Haber T.: Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżytniej i żytniej. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 2004, 3 (2), 127-136.
- [5] Fortuna T., Gałkowska D., Juszcak L.: Porównanie właściwości reologicznych wybranych preparatów skrobi modyfikowanej. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 2004, 3 (1), 21-32.
- [6] Gąsiorowski H.: Pszenica – chemia i technologia. Praca zbiorowa. PWRiL, Poznań 2004, s.118-121, s. 367-370.
- [7] Graybosch R.A., Guo G., Shelton D.R.: Aberrant falling numbers of waxy wheats independent of α -amylase activity. Cereal Chemistry, 2000, 77 (1), 1-3.
- [8] Gupta M., Bawa A.S., Semwal A.D.: Morphological, thermal, pasting and rheological properties of barley starch and their blends. International Journal of Food Properties, 2009, 12, 595-596.
- [9] Knapowski T., Ralcewicz M., Szychaj-Fabsiak E., Łożek O.: Ocena jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Fragm. Agron., 2010, 27 (1), 73-80.
- [10] Konopka I., Fornal Ł., Abramczyk D., Rothkaehl J., Rotkiewicz D.: Statistical evaluation of different technological and rheological test soft Polish wheat varieties for bread volume prediction. International Journal of Food Science & Technology, 2004, 39, 11-20.
- [11] Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J.: Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkisz (Triticum pelta L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, 2 (51), 60-71.

- [12] Ostasiewicz A., Ceglińska A., Skowronek S.: Jakość pieczywa żytniego z dodatkiem zakwasów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 63(2), 63-74.
- [13] PN-77/A-74041. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe - Oznaczenie ilości i jakości glutenu.
- [14] PN-ISO 3093:1996.Zboża - Oznaczanie liczby opadania.
- [15] Ragae S., Abdel-Aal E-S.M.: Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chemistry*, 2006, 95, 9-18.
- [16] Ravi R., Manohar R.S., Rao P.H.: Use of Rapid ViscoAnalyser (RVA) for measuring the pasting characteristics of wheat flour as influenced by additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1999, 79, 1571-1576.
- [17] Sahlstrøm S., Bævre A., Bråthen E.: Impact of starch properties on hearth bread characteristics. I. Starch in wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 2003, 37, 275-284.
- [18] Sathivel S., Ram A.K., Espinoza L., King J., Cueto R., Solval K.M.: Application of honey powder in bread and its effect on bread characteristics. *Journal of Food Processing & Technology*, 2013, 4(279), doi:10.4172/2157-7110.1000279.
- [19] Simpson B.K., Nollet L.M.L., Toldra F., Benjakul S., Paliyath G., Hui Y.H.: *Food Biochemistry and Food Processing*. Wiley-Blackwell Publishing, 2012.
- [20] Singh N., Singh J., Kaur L., Sodhi N.S., Gill B.S.: Morphologica, thermal and rheological properties of starches from different botanical source. *Food Chemistry*, 2003, 81, 219-231.
- [21] Yoo S.H., Jane J.: Structural and physical characteristics of waxy and others wheat starches. *Carbohydrate Polymers*, 2002, 49, 297-305.
- [22] Zarzycki P., Kasprzak M., Rzedzicki Z., Sobota A., Sykut-Domańska E.: Właściwości reologiczne kleików z mąki pszennej jako wskaźnik oceny jej wartości wypiekowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2014, 6(97), 50-66. DOI: 10.15193/ZNTJ/2014/96/050-066.
- [23] Zarzycki P., Sobota A., Ciesielska Ż.: Wpływ czasu składowania na liczbę opadania oraz lepkość pozorną kleików mąk pszennych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 6 (85), 66-78.

WPLYW DODATKU PŁATKÓW RÓŻY POMARSZCZONEJ (*ROSA RUGOSA THUNB. L.*) NA STABILNOŚĆ BARWY SOKÓW MALINOWYCH

AGNIESZKA ZAWIŚLAK, PIOTR KLORYGA, KRZYSZTOF SURÓWKA

Streszczenie

Celem pracy była próba stabilizacji barwy soku malinowego z dodatkiem oraz bez dodatku sacharozy przy pomocy płatków róży pomarszczonej, wprowadzonych w ilościach od 20 do 60 g/kg owoców. Soki przechowywano przez 3 miesiące bez dostępu światła w temperaturze $6\pm 1^{\circ}\text{C}$ oraz $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ i analizowano co miesiąc badając pH, ekstrakt ogólny, ogólną zawartość antocyjanów, gęstość barwy, stopień polimeryzacji antocyjanów oraz efekt batochromowy i hiperchromowy. Dodatek płatków róży pomarszczonej (*Rosa Rugosa Thunb. L.*) w trakcie produkcji soków malinowych wpłynął korzystnie na stabilizację barwników antocyjanowych w stosunku do prób kontrolnych. Najwyższą zawartością antocyjanów charakteryzował się sok bez sacharozy, z dodatkiem płatków róży pomarszczonej do owoców w ilości 30 g/kg. W soku tym zaobserwowano efekty batochromowy i hiperchromowy, które mogą świadczyć o zachodzącym procesie kopigmentacji pomiędzy związkami występującymi w płatkach róży pomarszczonej, a antocyjanami soku malinowego.

Słowa kluczowe: barwa, antocyjany, sok malinowy, *Rosa rugosa Thunb. L.*, kopigmentacja

Wprowadzenie

Od połowy lat 90. XX w. obserwuje się wzrost konsumpcji soków owocowych. Duża zawartość związków bioaktywnych, w tym polifenoli, antocyjanów i witaminy C czyni te produkty atrakcyjnymi i stanowiącymi wartościowy składnik codziennej diety [Kalisz i Ścibisz, 2010]. Spożywanie produktów zawierających polifenole zapobiega chorobom wywoływanym przez reaktywne formy tlenu takim jak; choroba wieńcowa, arterioskleroza, niektóre nowotwory i wiele innych [Wilska-Jeszka, 2007a]. Jednak podczas ich przetwarzania i przechowywania dochodzi do degradacji wielu substancji bioaktywnych. Celowe jest zatem prowadzenie badań nad możliwością stabilizowania tych związków.

Barwa jest jednym z najważniejszych wyróżników jakościowych produktów spożywczych, a jej zmiany mogą świadczyć o niekorzystnych przemianach zachodzących w produkcie. Antocyjany to szeroko rozpowszechniona w świecie roślinnym grupa barwników flawonoidowych, odpowiedzialnych za powstawanie

większości barw niebieskich, czerwonych i pomarańczowych kwiatów, owoców oraz warzyw. Antocyjany są nietrwałymi związkami, a ich stabilność uzależniona jest od wielu czynników. Jednym z ważniejszych jest struktura danego związku, która determinuje jego oddziaływanie ze środowiskiem, a do kolejnych można zaliczyć pH, temperaturę, obecność tlenu i światła, kwasu askorbinowego, dwutlenku siarki, cukrów i enzymów degradujących. Trwałość antocyjanów można kształtować poprzez reakcje kopigmentacji z innymi związkami chemicznymi [Rein, 2005], gdyż tworzą one kopigmenty z flawonolami, flawanolami, kwasami fenolowymi, alkaloidami i aminami. Dodatek tych składników w postaci ekstraktów do produktów żywnościowych zapewnia zwiększenie intensywności barwy np. soków czy dżemów [Wilska-Jeszka, 2007b]. Spośród wielu mechanizmów tworzenia kopigmentów wyróżnia się międzycząsteczkowe i wewnątrzcząsteczkowe tworzenie kompleksów. Inne mechanizmy to powstawanie kompleksów z metalami oraz zjawisko samoasocjacji. Kopigmentację obserwuje się jako efekt batochromowy polegający na przesunięciu maksimum absorpcji w kierunku fal dłuższych oraz efekt hiperchromowy, który charakteryzuje się wzrostem maksimum absorbancji, dzięki czemu rośnie intensywność zabarwienia. Reakcje, których efektem jest kopigmentacja zależą od struktury, stężenia barwnika i kopigmentu oraz od pH i temperatury [Bąkowska i in., 2003]. Badania przeprowadzone na wybranych świeżych sokach wykazały, że wraz ze zwiększeniem ilości dodawanego kopigmentu wzrasta intensywność barwy w sokach z truskawek i aronii [Wilska-Jeszka i Korzuchowska, 1996].

Kwiaty róży pomarszczonej (*Rosa rugosa* Thunb. L.) zawierają dużą ilość fitozwiązków, a wśród nich szereg mono- i oligomerycznych tanin hydrolizujących [Hashidoko, 1996] o wysokiej masie cząsteczkowej około 1000-2800 Da. Intensywne zabarwienie kwiatów róży pomarszczonej jest wynikiem obecności antocyjanów 3,5 – diglukozydów peonidyny i cyjanidyny. Duża zawartość związków biologicznie czynnych, które są potencjalnymi kopigmentami, czyni ten surowiec atrakcyjnym ze względu na możliwości wykorzystania go do stabilizacji barwy produktów.

Celem pracy było zbadanie wpływu dodatku rozdrobnionych płatków róży pomarszczonej *Rosa rugosa* na stabilność barwy i innych wyróżników jakościowych soków malinowych poddanych przechowywaniu w różnych warunkach. Założono, że dodatek płatków róży pomarszczonej bogatych w polifenole zwiększy stabilność antocyjanów zawartych w sokach poprzez mechanizm kopigmentacji.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły soki malinowe wzbogacone dodatkiem homogenizowanych płatków róży pomarszczonej (*Rosa Rugosa* Thunb. L.), otrzymane w skali laboratoryjnej. Soki sporządzono z malin *Rubus idaeus* odmiany

„Polka” oraz róży pomarszczonej, która została pozyskana z krzewów rosnących na terenie Pogórza Ciężkowickiego.

Przygotowano dwa warianty soków (z dodatkiem sacharozy w ilości 300 g/l oraz bez jej dodatku, oznaczone odpowiednio jako S oraz N), każdy w pięciu wersjach różniących się ilością dodanych płatków róży. Stosowany dodatek płatków wynosił: 20 g (Sok II), 30 g (Sok III), 40 g (Sok IV) oraz 60 g/kg owoców (Sok V). Sporządzono także próby kontrolne dla obu wariantów soków (Sok I-N oraz Sok I-S), które nie zawierały płatków róży.

Soki wytworzono w sokowniku („Chomik” Polska) z odważonych i wymieszanych porcji malin oraz rozdrobnionych płatków róży. Uzyskany na gorąco sok podzielono na dwie części i do jednej dodawano odpowiednią ilość sacharozy oraz mieszano. Oba warianty soków (z cukrem i bez) rozlewano do szklanych słoików i po zamknięciu pasteryzowano 10 min w 85°C, a następnie chłodzono do temperatury 20°C. Otrzymane soki podzielono na trzy partie, z czego jedna pozostała do analiz jako próby świeże, drugą i trzecią przechowywano bez dostępu światła przez okres trzech miesięcy w temperaturze 20±1°C i 6±1°C. Soki badano co 30 dni, a wszystkie analizy przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Ekstrakt mierzono refraktometrycznie, odczyn badano potencjometrycznie z zastosowaniem pehametru Hanna Instruments HI 9321 (Polska) i elektrody kombinowanej typu HI 1230.

Całkowitą zawartość antocyjanów oznaczano metodą różnicowego pomiaru pH [Lee i in., 2005]], stosując pomiary absorbancji przy $\lambda = 510$ i 700 nm i wyrażono ją w mg cyjanidyno-3-glukozydu na 100 g produktu.

Analizy gęstości barwy i stopnia polimeryzacji antocyjanów wykonano na podstawie metody opisanej przez Giusti i Wrolstad [2005]. W oparciu o te oznaczenia obliczono procentowy udział spolimeryzowanych antocyjanów w ich ogólnej zawartości.

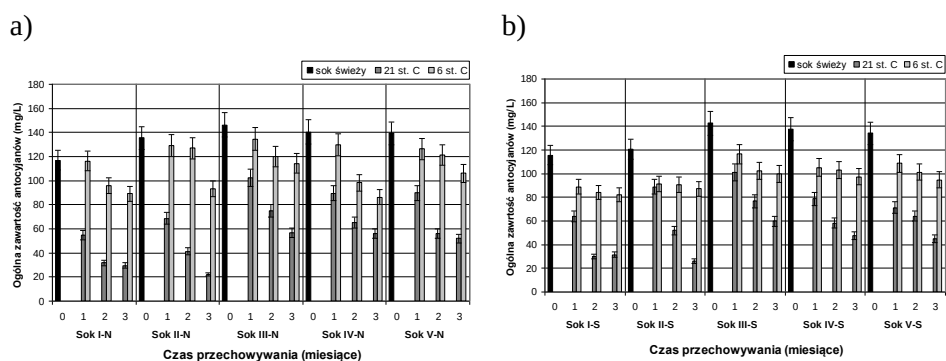
Dla powyższych oznaczeń obliczano średnie arytmetyczne oraz odchylenia standardowe.

W celu oznaczenia efektu batochromowego i hiperchromowego przeprowadzono analizę widma według Abyari i in. [2006].

Wyniki i dyskusja

Kwasowość czynna badanych soków mieściła się w granicach pH 2,86 – 3,15, a ich ekstrakt wynosił odpowiednio 7 – 9% w przypadku soków bez dodatku sacharozy oraz 28 – 31% dla soków wzbogacanych sacharozą.

Na poziom antocyjanów w obydwu wariantach soków duży wpływ miał dodatek płatków róży pomarszczonej (Rys. 1). Wersje świeże soków zawierające 30 g płatków/l soku odznaczały się najwyższym stężeniem tych związków, tj. 142,60 mg/l oraz 146,27 mg/l, odpowiednio dla soku słodzonego (Sok III-S) oraz bez dodatku sacharozy (Sok III-N) (Rys. 1).



Rys. 1. Zmiany ogólnej zawartości antocyjanów w sokach malinowych o różnym udziale płatków róży pomarszczonej bez dodatku sacharozy (a) oraz z jej dodatkiem (b) w trakcie trzymiesięcznego przechowywania w 6 i 21°C

Fakt ten może być rezultatem kopigmentacji zachodzącej pomiędzy antocyjanami zawartymi w sokach, a związkami polifenolowymi występującymi w płatkach róży pomarszczonej. Prawdopodobnie dodatek 30 g płatków do kilograma owoców jest najbardziej odpowiedni dla zapewnienia najwyższego odczytu zawartości antocyjanów, a ilość stosowanego kopigmentu ważnym czynnikiem warunkującym efektywność kopigmentacji.

Potwierdzają to badania prowadzone przez Oszmiańskiego i in. [2002], którzy podjęli próbę stabilizacji barwników z wyłoków z aronii poprzez zastosowanie zróżnicowanych ilościowo dodatków korzenia tarczycy bajkalskiej, rośliny bogatej w związki polifenolowe, głównie flawony. Okazało się, że efekt stabilizacji antocyjanów poprzez kopigmentację, został osiągnięty przy jednej z zastosowanych dawek korzenia tarczycy, a zwiększanie jego ilości nie wzmacniało tego efektu. W niniejszej pracy wraz ze zwiększającym się powyżej 30 g/kg dodatkiem płatków obserwowano nawet spadek zawartości antocyjanów w obydwu wariantach soków (Rys. 1). Widoczny jest również wpływ czasu i temperatury przechowywania soków na stężenie analizowanych związków (Rys. 1). Wraz z wydłużającym się czasem składowania maleje ilość antocyjanów, spadek ten jest wyraźniejszy w przypadku zastosowania wyższej temperatury przechowywania. Jest to zgodne z badaniami prowadzonymi przez wielu autorów [Babis i Kucharska, 2004, Wei-Dong i Shi-Ying, 2007, Cendrowski i in., 2011, Ścibisz i in., 2011, Cendrowski i in., 2012, Hellström i in., 2013].

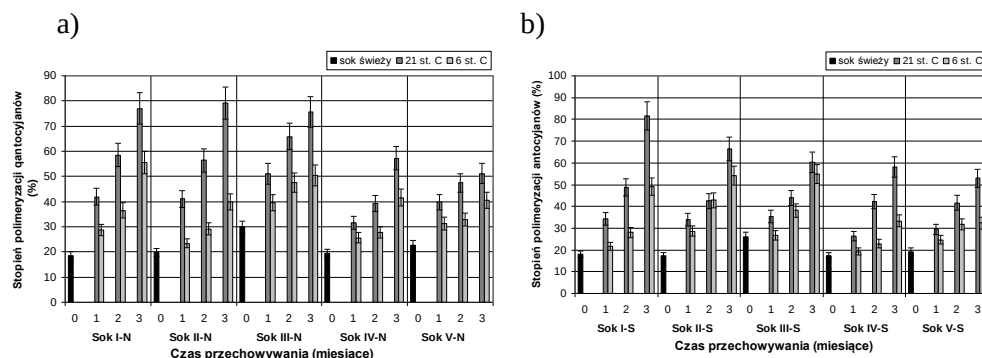
Tab. 1. Efekt batochromowy i hiperchromowy oznaczony w sokach malinowych o różnym udziale płatków róży pomarszczonej bez dodatku sacharozy (N) i z jej dodatkiem (S) w trakcie trzymiesięcznego przechowywania w 6 i 21°

Rodzaj soku/ Dodatek płatków	Temp. przechowy- wania	Czas przechowywania (miesiące)	Sok N		Sok S	
			Długość fali dla maximum absorbancji [nm]	Absorbancja [A]	Długość fali dla maximum absorbancji [nm]	Absorbancja [A]
Sok I/ 0 g/kg	21±1°C	0	514	1,110	516	0,894
		1	513	0,682	516	0,610
		2	513	0,606	513	0,663
		3	514	0,382	515	0,327
	6±1°C	0	514	1,110	516	0,894
		1	515	0,988	516	0,874
		2	515	0,902	516	0,862
		3	515	0,815	515	0,672
Sok II/ 20 g/kg	+21±1°C	0	516	1,172	516	0,938
		1	515	0,753	516	0,679
		2	512	0,639	515	0,575
		3	508	0,498	513	0,418
	+6±1°C	0	516	1,172	516	0,938
		1	516	1,105	516	0,875
		2	514	1,085	516	0,925
		3	514	0,878	515	0,700
Sok III/ 30 g/kg	+21±1°C	0	517	1,311	517	1,093
		1	513	1,203	516	0,794
		2	513	0,827	514	0,592
		3	508	0,685	514	0,549
	+6±1°C	0	517	1,311	517	1,093
		1	515	1,125	517	0,905
		2	515	1,044	516	0,820
		3	515	0,962	516	0,793
Sok IV/ 40 g/kg	+21±1°C	0	516	1,062	516	0,856
		1	516	0,729	516	0,598
		2	515	0,779	515	0,579
		3	514	0,454	514	0,468
	+6±1°C	0	516	1,062	516	0,856
		1	516	0,968	516	0,780
		2	515	0,936	515	0,843
		3	516	0,848	516	0,725
Sok V/ 60 g/kg	+21±1°C	0	516	0,890	516	1,359
		1	515	0,812	515	0,883
		2	514	0,632	515	0,524
		3	514	0,595	515	0,469
	+6±1°C	0	516	0,890	516	1,359
		1	515	1,033	516	0,803
		2	516	0,981	516	0,788
		3	515	0,867	516	0,749

W większości badanych soków malinowych z dodatkiem płatków róży pomarszczonej zaobserwowano wystąpienie efektu hiperchromowego w stosunku

do prób kontrolnych (Tab. 1). Wzrost maksimum absorbancji był większy w przypadku soków nie słodzonych, z wyjątkiem prób nie przechowywanych słodzonych z dodatkiem płatków w ilości 60 g/kg owoców (Sok V-S) (Tab. 1). Dodatkowo, w sokach zawierających płatki róży pomarszczonej w ilości 30 g/kg (Sok III-N oraz Sok III-S) wystąpił największy, spośród wszystkich badanych prób, efekt batochromowy. Podobnie, Oszmiański [2002] zaobserwował wystąpienie efektów batochromowego i hiperchromowego w przechowywanych w różnych warunkach napojach, do których zastosowano zróżnicowane dodatki korzenia tarczycy bajkalskiej.

Wraz z upływem czasu przechowywania soków obserwowano rosnący udział tej formy antocyjanów (Rys. 2). Najwięcej spolimeryzowanych antocyjanów zawierał świeżo sporządzony sok bez cukru z dodatkiem 30 g płatków/kg owoców (Sok III-N), nieco mniejszą ilością tych związków charakteryzowała się analogiczna próba z dodatkiem sacharozy (Sok III-S). Wszystkie soki składowane w $21 \pm 1^\circ\text{C}$ zawierały średnio o 23-39% spolimeryzowanych antocyjanów więcej niż soki przechowywane w temperaturze chłodniczej.



Rys. 2. Zmiany stopnia polimeryzacji antocyjanów w sokach malinowych o różnym udziale płatków róży pomarszczonej bez dodatku sacharozy (a) oraz z jej dodatkiem (b) w trakcie trzymiesięcznego przechowywania w 6 i 21°C

Największy przyrost zawartości spolimeryzowanych antocyjanów zaobserwowano w obu wariantach soków bez dodatków płatków (Sok I-S i Sok I-N) oraz w wariantcie niesłodzonym z dodatkiem płatków w ilości 20 g/kg owoców (Sok II-N), przechowywanych w temperaturze pokojowej (Rys. 2). Stopień polimeryzacji antocyjanów w sokach słodzonych z dodatkiem płatków podczas składowania prób wzrastał wolniej niż w przypadku soku słodzonego bez płatków róży (Sok I-S). Tendencja ta widoczna jest zwłaszcza podczas składowania prób w temperaturze $+21 \pm 1^\circ\text{C}$.

Polimeryzacja antocyjanów może być spowodowana szczątkową aktywnością endogennych enzymów występujących w owocach, które nie zostały całkowicie

zinaktywowane podczas obróbki termicznej surowca [Hager i in., 2008, Brownmiller i in., 2008]. Wydaje się jednak, że w badanych w niniejszej pracy sokach jest mało prawdopodobne aby pozostały aktywne enzymy. Innymi możliwymi mechanizmami polimeryzacji są reakcje kondensacji antocyjanów ze związkami fenolowymi zachodzące przy pośrednictwie określonych substancji lub bezpośrednie reakcje zachodzące pomiędzy antocyjanami i taninami [Remy i in., 2000, Hager i in., 2008, Brownmiller i in., 2008]. Dodatek sacharozy wpłynął korzystnie na ograniczenie stopnia polimeryzacji antocyjanów. Również Wrolstad i wsp. [1990], wskazali sacharozę jako czynnik blokujący reakcje kondensacji antocyjanów.

Wnioski

1. Dodatek płatków róży pomarszczonej (*Rosa Rugosa*) podczas produkcji soków malinowych wpłynął korzystnie na stabilizację barwników antocyjanowych w stosunku do prób kontrolnych.
2. Wprowadzenie sacharozy w trakcie produkcji soków malinowych spowodowało obniżenie w nich zawartości antocyjanów.
3. Najwyższą zawartością antocyjanów charakteryzował się sok bez sacharozy, z dodatkiem płatków róży pomarszczonej w ilości 30 g płatków/kg malin.
4. W soku bez sacharozy z dodatkiem 30g płatków/kg owoców zaobserwowano efekty batochromowy i hiperchromowy, które mogą świadczyć o zachodzącym procesie kopigmentacji pomiędzy związkami występującymi w płatkach róży pomarszczonej, a antocyjanami soku malinowego.
5. Stopień polimeryzacji antocyjanów zwiększa się wraz z upływem czasu przechowywania. Zmiany te są wyższe w temperaturze $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ niż w $6\pm 1^{\circ}\text{C}$. Dodatki płatków róży pomarszczonej oraz sacharozy ograniczają te zmiany.

Literatura

- [1] Abyari M., Haidari R., Jamei R.: The effect of heating, UV irradiation and pH on stability of the anthocyanin-copigment complex. *Journal of Biological Sciences*, 2006, 6, 638-645.
- [2] Babis A., Kucharska A.: Przydatność owoców *Rosa spinosissima* i *Rosa hybrida* do produkcji wysokowitaminowych soków mętnych. *Biuletyn Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej w Warszawie*, 2004, 3, 18 – 24.
- [3] Bąkowska A., Kucharska A. Z., Oszmiański J.: The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanin-polyphenol copigment complex. *Food Chemistry*, 2003, 81, 349-355.
- [4] Brownmiller C., Howard L. R., Prior R. I.: Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *Journal of Food Science*, 2008, 73(5), 72-79.

- [5] Cendrowski A., Ścibisz I., Mitek M.: Wpływ warunków przechowywania na zawartość hydroksymetylofurfuralu, furfuralu i kwasu askorbinowego w dżemach z owoców jagodowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2011, 6(79), 155-166.
- [6] Cendrowski A., Mitek M., Siestrzewitowska K.: Wpływ procesu technologicznego na zawartość antocyjanów i barwę konfitur z płatków róży pomarszczonej (*Rosa rugosa*). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2012, 5 (84), 47-59.
- [7] Giusti M. M., Wrolstad R. E.: Unit F1.2: Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad R. E., editor. *Handbook of analytical chemistry-pigments, colorants, flavors, texture, and bioactive food components.* 2005, New York: John Wiley & Sons Inc. p. F1.2.1-13.
- [8] Hager A., Howard L. R., Prior R. I., Brownmiller C.: Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed raspberry products. *Journal of Food Science*, 2008, 73(6), 134-140.
- [9] Hashidoko Y.: The phytochemistry of *Rosa rugosa*. *Phytochemistry*, 1996, 43, 535-549.
- [10] Hellström J., Mattila P., Karjalainen R.: Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2013, 31, 12-19.
- [11] Kalisz S., Ścibisz I.: Wpływ dodatku ekstraktów roślinnych na zawartość polifenoli ogółem, antocyjanów, witaminy C i pojemność przeciwutleniającą nektarów z czarnej porzeczki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 5 (72), 45 – 55.
- [12] Lee J., Durst R.W., Wrolstad R.E.: Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 2005, 88 (5), 1269-1278.
- [13] Oszmiański J.: Stabilizacja i zastosowanie barwnika antocyjanowego aronii do barwienia napoi. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2002,1 (1), 37-45.
- [14] Rein, M. J.: Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins (dissertation). EKT series 1331. University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology, 2005, 88 + 34 pp.
- [15] Remy S., Fulcrand H., Labarbe B., Cheynier V., Moutounet M.: First confirmation in red wine of products resulting from direct anthocyanin-tannin reactions. *Journal of Science and Food Agriculture*, 2000, 80, 745-751.
- [16] Ścibisz I., Gasik A., Mitek M., Cendrowski A.: Wpływ warunków przechowywania na barwę dżemów z owoców kolorowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 1 (74), 99-111.

- [17] Wei-Dong W., Shi-Ying X.: Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering*, 2007, 82, 271-275.
- [18] Wilska-Jeszka J.: Polifenole, glukozynolany i inne związki prozdrowotne i antyżywnieniowe. W: *Chemia Żywności: skład, przemiany i właściwości żywności*. Praca zbiorowa pod red. Z. Sikorskiego, WNT, Warszawa, 1994, 2007a.
- [19] Wilska-Jeszka J.: Barwniki. W: *Chemia Żywności: skład, przemiany i właściwości żywności*. Praca zbiorowa pod red. Z. Sikorskiego, WNT, Warszawa, 1994, 2007b.
- [20] Wilska-Jeszka J., Korzuchowska A.: Anthocyanins and chlorogenic acid copigmentation - influence on colour of strawberry and chokeberry juices. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*, 1996, 203, 38-42.
- [21] Wrolstad R. E., Skrede G., Lea P., Enersen G.: Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. *Journal of Food Sciences*, 1990, 55 (4), 1064-1065, 1072.

WPLYW RODZAJU KULTUR STARTEROWYCH I FORTYFIKACJI MAGNEZEM NA JAKOŚĆ JOGURTÓW TYPU GRECKIEGO

AGATA ZNAMIROWSKA, DOROTA KALICKA, KATARZYNA SZAJNAR,
MAŁGORZATA PAWŁOS, PRZEMYSŁAW ROŻEK

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu rodzaju zastosowanych kultur starterowych i wzbogacenia magnezem na właściwości sensoryczne, kwasowość, synerezę i profil teksturometryczny jogurtów typu greckiego.

Rodzaj zastosowanych kultur starterowych różnicował istotnie pH wyprodukowanych jogurtów, natomiast nie wpływał na synerezę i teksturę. Zastosowanie do fortyfikacji jogurtów jednowodnego L-mleczanu magnezu powodowało istotne podwyższenie pH i obniżenie kwasowości miareczkowej oraz zmniejszenie synerezy napojów o 4-6%. Fortyfikacja jogurtów typu greckiego 35 mg magnezu wpływała na twardość skrzepu oraz intensyfikację smaku kwaśnego, słonego i obcego oraz zapachu kwaśnego i obcego.

Słowa kluczowe: jogurt grecki, magnez, kultury termofilne

Wprowadzenie

Wśród mlecznych napojów fermentowanych jogurt jest produktem, którego spożycie kształtuje się na najwyższym poziomie. Jednocześnie oferta rynkowa jogurtów jest jedną z bogatszych asortymentowo. Oczekiwania konsumentów podążają w kierunku większej ilości i różnorodności tych produktów. Największy udział w spożyciu mają jogurty owocowe, natomiast szybsze tempo rozwoju odnotowuje się w segmencie jogurtów pitnych i naturalnych. Związane jest to ze zmieniającymi się wymaganiami konsumentów [Rój i Przybyłowski, 2012; Wichrowska i Wojdyła, 2014].

Produkty mleczarskie śródziemnomorskiego pochodzenia są ciekawymi produktami dla polskiego konsumenta, ponieważ wywołują w nim dobre skojarzenia związane z jedzeniem oraz klimatem południa Europy, jak i ze zdrowym stylem życia. Odmianą jogurtu naturalnego, która zyskuje coraz większą popularność jest tzw. jogurt typu greckiego. Cechą charakterystyczną tego jogurtu jest bardzo gęsta konsystencja oraz kremowy, bardzo treściwy smak. Zaletą jogurtu greckiego jest przede wszystkim wszechstronność zastosowania [Serafeimidou i in., 2012; Soukoulis i in., 2007]. Jogurty greckie o wyższej zawartości tłuszczu

stanowią coraz częściej zamiennik śmietany przy zabieleniu zup czy też substytut majonezu w sosach i sałatkach warzywnych.

Produkcja greckich jogurtów na świecie jest od kilku lat intensywnie rozwijającą się technologią w przemyśle mleczarskim. Ponieważ nie istnieje standardowa identyczność greckich jogurtów i mogą być one fermentowane różnymi termofilnymi kulturami starterowymi, wzbogacane w dodatki smakowe i minerały, można spodziewać się zróżnicowania ich właściwości [Cueva i Aryana, 2008; Desai i in., 2013]. Jogurt grecki jest jednym z najbardziej przydatnych produktów w prowadzeniu prawidłowego odżywiania się oraz w walce z nadwagą. Dostarcza wielu wartościowych składników odżywczych: witaminy A i B, kwas foliowy, wapń, fosfor, potas, magnez, cynk, i jod. Ponadto znajomość percepcji i upodobań konsumentów stanowi przydatną informację dla producentów i handlowców [Achanta i in., 2007; Jaworska i Hejduk, 2008; Rój i Przybyłowski, 2012].

Celem badań było określenie wpływu rodzaju zastosowanych kultur starterowych i wzbogacenia magnezem na właściwości sensoryczne, kwasowość, synerezę i profil teksturometryczny jogurtów typu greckiego.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań było mleko krowie pasteryzowane o zawartości tłuszczu 2% (OSM Piątnica), mleko w proszku odtłuszczone, granulowane (SM Gostyń), śmietanka 30% tłuszczu (SM MlekoPol, Grajewo) oraz szczepy termofilne starterowe: Creamy Jogurt (Danisco, Polska), Probiotic Jogurt (Danisco, Polska), FD-DVS YC-X11-YO-Flex® (Chr.Hansen). Mleko fortyfikowano jednowodnym L-mleczanem magnezu (Aldrich Chemistry, Hiszpania).

W mleku znormalizowano suchą masę poprzez dodanie mleka odtłuszczonego i śmietanki do zawartości: 7,90% tłuszczu, 4,21% białka, 6,35% laktozy. Skład chemiczny oznaczono analizatorem składu mleka Bentley-150. Do mleka przeznaczonego do produkcji jogurtów fortyfikowanych dodano 35 mg magnezu na 100 g mleka. Mleko zhomogenizowano i spasteryzowano doprowadzając do temperatury 72°C. Po schłodzeniu do 45°C dodano kultury starterowe i rozlano do opakowań o poj. 100 ml z pokrywką w których termostatowano w temperaturze 45°C przez 4,5 godziny w inkubatorze, a następnie schłodzono do 5°C.

Ocenę jakości jogurtów przeprowadzono w 7 dniu przechowywania, w 3 powtórzeniach. Do oceny wybierano losowo po 5 prób z każdej grupy doświadczalnej w których oznaczono pH (mikrokomputerowym pH-metrem Elmetron CPC-411), kwasowość ogólną (metoda miareczkowa) i synerezę (jako procentowy wyciek serwatki z 25 g napoju po 120 minutach, w temp. 5°C). Właściwości tekstury oznaczono analizatorem tekstury Brookfield CT3 współpracującym z programem Texture Pro CT. Wykonano test TPA wykorzystując sondę cylindryczną akrylową o średnicy 25,4 mm i wysokości 35 mm, wprowadzając ustawienia: prędkość pomiarowa 1 mm/s, obciążenie

kontaktowe 0,1N, dystans powodujący zakończenie testu 15 mm, prędkość powrotu 1 mm/s. Kleistość w ujęciu sensorycznym według definicji podawanej przez producenta tekstuometru, oznacza odległość na jaką żywność była odciągana od powierzchni z jaką miała kontakt (np. zęby, podniebienie). Ocenę preferencji przeprowadzono metodą szeregowania, gdzie „1” oznaczał produkt najbardziej preferowany, a „6” jogurt najmniej preferowany przez ocenającego. Ocenę sensoryczną, metodą profilowania sensorycznego, przeprowadził przeszkolony zespół składający się z pięciu osób. Badający oceniali próbki w skali 9-punktowej, ze skalą liniową 9 cm, niestrukturowaną, z oznaczeniami na obu jej końcach, gdzie „1” oznaczało cechę najmniej wyczuwalną, najmniej charakterystyczną, zaś „9” określało cechę najintensywniejszą, najbardziej charakterystyczną [PN-ISO 11035:1999].

Z uzyskanych danych obliczono średnią i odchylenie standardowe, a istotność różnic pomiędzy grupami oznaczono testem Tukeya przy poziomie istotności $p \leq 0,05$, w programie Statistica v. 10.

Wyniki i dyskusja

W przeprowadzonym doświadczeniu postanowiono określić wpływ zastosowanych szczepów starterowych na kwasowość i synerezę jogurtów greckich (Rys. 1). Najwyższą kwasowość czynną $\text{pH}=4,31$ uzyskano w jogurtach ukwaszonych przez szczepionkę Creamy Jogurt, a najniższe $\text{pH} = 4,23$ odnotowano w napojach wyprodukowanych z użyciem Probiotic Jogurt, a wykazane różnice były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). W badaniach Serafeimidou i in. [2012] określono kwasowość czynną jogurtów tradycyjnych, greckich w przedziale od $\text{pH}=4,073$ do $\text{pH}=4,640$ oraz 0,925%-1,394% kwasu mlekowego. Podobne wartości pH jogurtów o podwyższonej zawartości tłuszczu oznaczyli Mituniewicz-Małek i in. [2010].

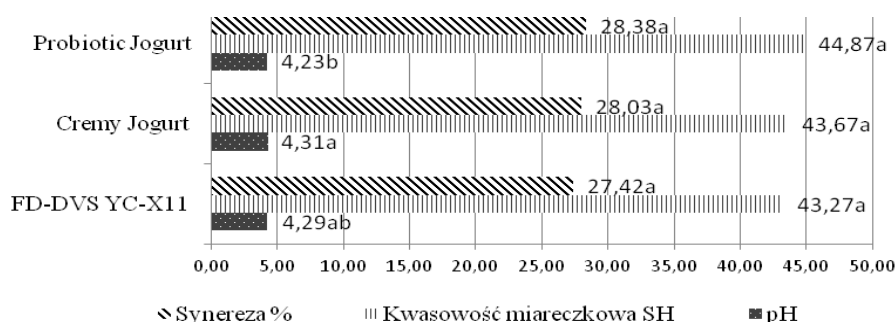
Tab. 1. Kwasowość i synereza jogurtów fermentowanych przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® w zależności od poziomu wzbogacenia magnezem

Właściwości	Jogurty greckie fermentowane przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex®	
	Bez wzbogacenia (0mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35mg Mg)
pH	4,29±0,06 ^a	4,50±0,04 ^b
Kwasowość (°SH)	43,27±1,17 ^a	28,40±2,62 ^b
Synereza (%)	27,42±1,51 ^a	20,08±1,09 ^b

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Kwasowość miareczkowa kształtowała się w przedziale od 43,27°SH w jogurtach fermentowanych przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® do 44,87°SH w jogurtach ukwaszonych szczepionką Probiotic Jogurt. Należy dodać, że rodzaj zastosowanej mikroflory starterowej nie wpłynął istotnie na synerezę jogurtów greckich (Tab. 1).

W badaniach Baranowskiej i in. [2009b] stwierdzono wyraźny wpływ temperatury pomiaru, suchej masy i czasu przechowywania na podatność bio-jogurtu na synerezę. Bio-jogurt wyprodukowany metodą przyspieszoną z zastosowaniem prefermentacji charakteryzował się niższą podatnością na synerezę (5,8% przy 14% sm i 3,3%, przy 16% sm, w temp. 5°C), niż bio-jogurt wyprodukowany metodą tradycyjną (ilość wydzielonej serwatki w temp. 5°C wynosiła 6,7 i 4,8% przy sm odpowiednio 14 i 16%).



^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Rys. 1. Kwasowość i synereza jogurtów typu greckiego w zależności od zastosowanych kultur starterowych

W Tab. 1, 2 i 3 przedstawiono wyniki badań określające wpływ fortyfikacji 35 mg magnezu na kwasowość i synerezę jogurtów. Szczegółowa analiza wyników wskazuje, że zastosowanie do fortyfikacji jogurtów jednowodnego L-mleczanu magnezu powoduje istotne podwyższenie pH i obniżenie kwasowości miareczkowej w porównaniu do jogurtów nie wzbogaconych ($p \leq 0,05$). Na przykład jogurty niefortyfikowane fermentowane przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® charakteryzowały się wyższą kwasowością o ok. 14 °SH od jogurtów wzbogaconych w magnez, wyprodukowanych również z udziałem tych kultur. Zgodnie z kartą charakterystyki zamieszczoną przez producenta, pięcioprocentowy wodny roztwór L-mleczanu magnezu posiada pH w przedziale od 6,5 do 8,5, co najprawdopodobniej wpłynęło na uzyskanie niższej kwasowości ogólnej w napojach wzbogaconych w magnez. Wykazano, że fortyfikacja 35 mg magnezu powoduje obniżenie synerezy o ok. 4-6% w napojach ukwaszonych przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex®, Creamy Jogurt oraz Probiotic Jogurt, a wykazane różnice były statystycznie istotne (Tab. 1, 2, 3). Baranowska i in. [2009a] stwierdzili,

że podatność na synerzę jogurtów zależy także od zawartości suchej masy, metody produkcji i czasu przechowywania.

Tab. 2. Kwasowość i synerża jogurtów fermentowanych przez Cremy Jogurt w zależności od poziomu wzbogacenia magnezem

Właściwości	Jogurty greckie fermentowane przez Cremy Jogurt	
	Bez wzbogacenia (0mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35mg Mg)
pH	4,31±0,04 ^a	4,57±0,03 ^b
Kwasowość (⁰ SH)	43,67±1,59 ^a	37,07±2,34 ^b
Synerża (%)	28,03±1,44 ^a	22,13±1,81 ^b

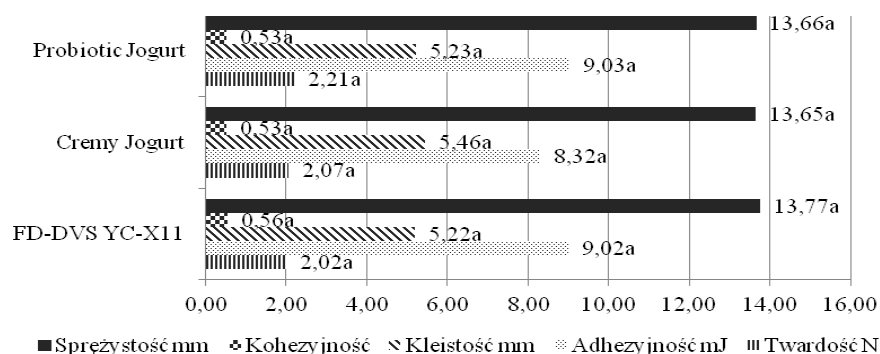
^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Tab. 3. Kwasowość i synerża jogurtów fermentowanych przez Probiotic Jogurt w zależności od poziomu wzbogacenia magnezem

Właściwości	Jogurty greckie fermentowane przez Probiotic Jogurt	
	Bez wzbogacenia (0mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35mg Mg)
pH	4,23±0,02 ^a	4,43±0,04 ^b
Kwasowość (⁰ SH)	44,87±2,05 ^a	30,27±1,62 ^b
Synerża (%)	28,38±2,94 ^a	24,01±2,74 ^b

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Na Rys. 2 przedstawiono graficznie wpływ zastosowanej szczepionki starterowej na parametry tekstury takie jak: twardość, adhezyjność, kleistość, kohezyjność i sprężystość. Nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju szczepionki na profil teksturometryczny jogurtów greckich, np. twardość mieściła się w wąskim przedziale od 2,02 N do 2,21 N. W badaniach Mituniewicz-Małek i in. [2010] twardość jogurtów typu greckiego zakupionych w sklepach przyjmowała jeszcze niższe wartości i wynosiła od 0,59 N do 0,25 N.



^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Rys. 2. Kwasowość i synereza jogurtów typu greckiego w zależności od zastosowanych kultur starterowych

Jogurty fermentowane przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® wzbogacone w 35 mg magnezu posiadały wyższą adhezyjność i kleistość oraz były bardziej miękkie niż jogurty bez wzbogacenia (Tab. 4). Z kolei jogurty fortyfikowane magnezem a fermentowane przez szczepionkę Creny Jogurt charakteryzowały się porównywalną adhezyjnością, kleistością, kohezyjnością i sprężystością do jogurtów z 0 mg Mg (Tab. 5). Jedynie twardość jogurtów fortyfikowanych magnezem była istotnie wyższa od twardości napojów kontrolnych ($p \leq 0,05$).

Tab. 4. Profil tekstury jogurtów fermentowanych przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® w zależności od wzbogacenia magnezem

Tekstura	Jogurty greckie fermentowane przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex®	
	Bez wzbogacenia (0 mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35 mg Mg)
Twardość (N)	2,02±0,17 ^a	1,54±0,06 ^b
Adhezyjność (mJ)	9,02±1,93 ^a	5,52±0,44 ^b
Kleistość (mm)	5,22±0,68 ^a	13,26±0,39 ^b
Kohezyjność	0,56±0,02 ^a	0,56±0,01 ^a
Sprężystość (mm)	13,77±0,18 ^a	14,13±0,17 ^a

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Tab. 5. Profil tekstury jogurtów fermentowanych przez Cremy Jogurt w zależności od wzbogacenia magnezem

Tekstura	Jogurty greckie fermentowane przez Cremy Jogurt	
	Bez wzbogacenia (0 mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35 mg Mg)
Twardość (N)	2,07±0,19 ^a	2,49±0,21 ^b
Adhezyjność (mJ)	8,32±0,94 ^a	8,30±0,42 ^a
Kleistość (mm)	5,46±0,83 ^a	3,86±0,52 ^a
Kohezyjność	0,53±0,04 ^a	0,41±0,14 ^a
Sprężystość (mm)	13,65±0,25 ^a	14,54±0,74 ^a

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

W jogurtach greckich wyprodukowanych z użyciem kultur probiotycznych z dodatkiem magnezu stwierdzono niższą twardość i adhezyjność skrzepu, niż w jogurtach niefortyfikowanych (tabela 6).

Tab. 6. Profil tekstury jogurtów fermentowanych przez Probiotic Jogurt w zależności od wzbogacenia magnezem

Tekstura	Jogurty greckie fermentowane przez Probiotic Jogurt	
	Bez wzbogacenia (0mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35mg Mg)
Twardość (N)	2,21±0,12 ^a	1,78±0,09 ^b
Adhezyjność (mJ)	9,03±1,34 ^a	6,40±0,63 ^b
Kleistość (mm)	5,23±0,92 ^a	6,87±1,61 ^a
Kohezyjność	0,53±0,02 ^a	0,52±0,02 ^a
Sprężystość (mm)	13,66±1,19 ^a	14,22±0,12 ^a

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Barylko–Pikielna i Matuszewska [2009] definiują pojęcie konsystencji jako stopień gęstości, lepkości i zwartości produktu lub jego określonego składnika charakteryzujący pewne cechy tekstury. Badane jogurty greckie fermentowane przez szczepy starterowe: FD-DVS YC-X11-YO-Flex®, Cremy Jogurt, Probiotic Jogurt charakteryzowały się prawidłową konsystencją ocenioną w przedziale od 7,44 pkt. do 7,78 pkt. Podobne rezultaty w ocenie konsystencji osiągnęła Znamirska i in. [2015] w badaniach nad jakością jogurtów z mleka koziego wzbogacanych chlorkiem magnezu.

Z danych przedstawionych na Rys. 3, 4, 5 wynika, że rodzaj zastosowanej mikroflory starterowej nie wpłynął na barwę, ponieważ wszystkie spośród badanych napojów cechowały się właściwą, jasno kremową barwą.

Najbardziej intensywnym smakiem mleczno-kremowym charakteryzowały się napoje ukwaszone przez Cremy Jogurt. W ocenie zespołu najmniej wyczuwalny pod względem tego badanego deskryptora były jogurty fermentowane przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex®. Wyniki przedstawione na wykresie 5 dowodzą, że zastosowanie szczepów Probiotic Jogurt wpływa na zwiększenie odczucia intensywności smaku kwaśnego. Zespół badawczy stwierdził słabą wyczuwalność smaku słonego dla napojów fermentowanych przez wszystkie szczepy starterowe, przyznając 1,44 pkt. za tą cechę. W badanych jogurtach nie występował smak obcy (1,00 pkt.) i zapach obcy (1,00 pkt.). Podobnych spostrzeżeń dokonano w badaniach Pawlos i in. [2014] nad wpływem czasu przechowywania i rodzaju szczepionki na teksturę i jakość sensoryczną jogurtów otrzymanych metodą termostatową, nie odnotowując smaku oraz zapachu obcego w jogurtach z udziałem kultur YC-X16, YC-X11 oraz Y450 B.

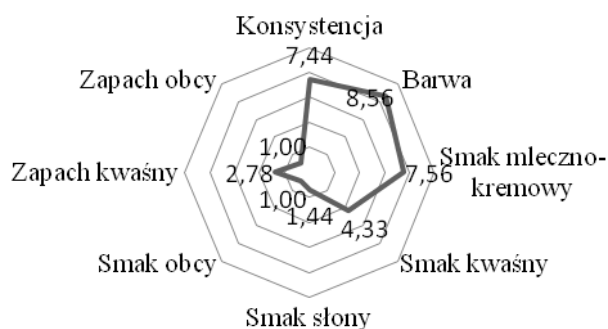
Najbardziej intensywnym zapachem kwaśnym cechował się napój ukwaszony przez Cremy Jogurt (2,78 pkt.), a najmniej intensywny zapach kwaśny odnotowano w jogurcie wyprodukowanym przy użyciu szczepów FD-DVS YC-X11-YO-Flex® (2,44 pkt.). Należy dodać, że nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy cechami sensorycznymi wynikających z rodzaju zastosowanej mikroflory starterowej. Podobnie badania Domagały [2005] dotyczące wpływu mikroflory na wyniki oceny sensorycznej jogurtów z niezagęszczonego mleka koziego nie wykazały istotnych zależności.

Preferencje konsumentów odgrywają zasadniczą rolę podczas podejmowania decyzji zakupu produktu spożywczego [Nowak i in., 2007]. Rezultaty badań Ziarno i Hauzer [2009] wskazują, że o preferencjach konsumentów w wyborze żywności decyduje częstotliwość spożywania, jakość i marka produktów, miejsce zakupu czy wynikająca z produktów wartość odżywcza, jak i zdrowotna.

Jogurty fortyfikowane 35 mg magnezu fermentowane przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® są mniej preferowane przez konsumentów od jogurtów bez wzbogacenia magnezem (Tab. 7). Pomimo, że przeprowadzone doświadczenie wykazuje, że wzbogacanie jogurtów (szczep starterowy FD-DVS YC-X11-YO-Flex®) w magnez wpływa pozytywnie na intensywność smaku mleczno – kremowego, niestety zwiększa także odczucie smaku słonego oraz potęguje wyczuwalność zapachu kwaśnego.

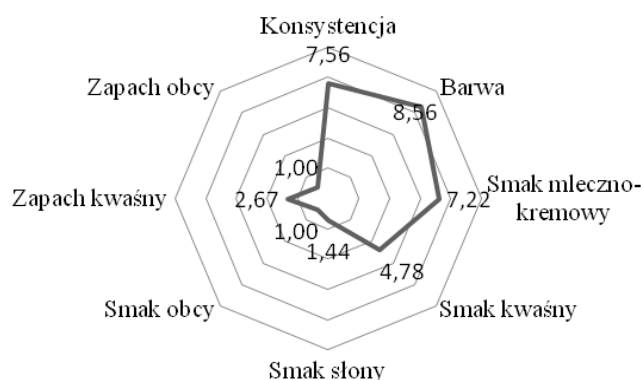


Rys. 3. Ocena sensoryczna jogurtów greckich fermentowanych przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex®



Rys. 4. Ocena sensoryczna jogurtów greckich fermentowanych przez Cremy Jogurt

Wzbogacanie w magnez produktów mleczarskich może mieć też korzystne oddziaływanie na niektóre cechy smakowe. Za przykład może posłużyć wzbogacanie twarożków w węglan magnezu który sprawia, że produkt ma smak słony i zastosowanie takiej soli magnezu może posłużyć wówczas jako zamiennik soli kuchennej [Ziarno, 2004].



Rys. 5. Ocena sensoryczna jogurtów greckich fermentowanych przez Probiotic Jogurt

Zespół badawczy ocenił barwę jogurtów fermentowanych przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® i fortyfikowanych 35 mg magnezu na 7,90 pkt., a barwę jogurtów kontrolnych (0 mg magnezu) na 8,56 pkt. Związki magnezu są zwykle barwy białej i często są stosowane jako substancje rozjaśniające barwę produktów (np. węglan, wodorowęglan), dlatego dodając je do produktów, należy liczyć się z możliwością zmiany barwy np. lekkim posinieniem [Ziarno, 2004]. Jednakże substancje będące nośnikami wapnia lub magnezu nie powinny wpływać niekorzystnie na zmianę barwy, smaku i zapachu produktu, skracać okresu jego przydatności do spożycia, jak również powodować zmiany produktu podczas transportu i magazynowania [Ziarno, 2004; Ziarno i Więclawski, 2009].

Napoje fermentowane przez Cremy Jogurt były bardziej preferowane od jogurtów ukwaszonych przez te same szczepy starterowe i dodatkowo fortyfikowane 35 mg magnezu. W badaniach Ziarno i in. [2006] nad wzbogacaniem maślanki w wapń, magnez oraz białka serwatkowe wykazano, że podczas oceny sensorycznej maślanka kontrolna (nie zawierająca dodatku wapnia, magnezu i WPC) była wyżej oceniona niż maślanki wzbogacane mieszkami soli wapniowych, magnezowych oraz koncentratem białek serwatkowych. Do podobnych rezultatów doszli Shelef i Ryan [1998], którzy uzyskali wyższą ocenę punktową próbki kontrolnej niż próbek wzbogaczanych w sole mineralne.

Tab. 7. Ocena sensoryczna jogurtów fermentowanych przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex® w zależności od poziomu wzbogacenia magnezem

Cecha	Jogurty greckie fermentowane przez FD-DVS YC-X11-YO-Flex®	
	Bez wzbogacenia (0 mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35 mg Mg)
Preferencja	2,11±1,05 ^a	2,70±1,16 ^a
Konsystencja	7,78±1,30 ^a	7,80±1,32 ^a
Barwa	8,56±1,0 ^a	7,90±0,74 ^a
Smak mleczno-kremowy	6,89±1,45 ^a	7,20±1,03 ^a
Smak kwaśny	4,67±1,94 ^a	4,60±2,01 ^a
Smak słony	1,44±0,53 ^a	2,30±1,00 ^a
Smak obcy	1,00±0,00 ^a	1,30±0,48 ^a
Zapach kwaśny	2,44±0,13 ^a	3,00±1,45 ^a
Zapach obcy	1,00±0,00 ^a	1,10±0,32 ^a

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Tab. 8. Ocena sensoryczna jogurtów fermentowanych przez Creamy Jogurt w zależności od poziomu wzbogacenia magnezem

Cecha	Jogurty greckie fermentowane przez Creamy Jogurt	
	Bez wzbogacenia (0mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35mg Mg)
Preferencja	2,00±0,71 ^a	2,40±1,65 ^b
Konsystencja	7,44±1,42 ^a	7,90±0,99 ^a
Barwa	8,56±1,01 ^a	7,90±0,74 ^a
Smak mleczno-kremowy	7,56±1,24 ^a	5,90±1,66 ^a
Smak kwaśny	4,33±1,94 ^a	6,50±2,68 ^a
Smak słony	1,44±0,53 ^a	2,90±1,00 ^a
Smak obcy	1,00±0,00 ^a	1,30±0,48 ^a
Zapach kwaśny	2,78±0,97 ^a	3,00±1,49 ^a
Zapach obcy	1,00±0,00 ^a	1,20±0,63 ^a

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

Tab. 9. Ocena sensoryczna jogurtów fermentowanych przez Probiotic Jogurt w zależności od poziomu wzbogacenia magnezem

Cecha	Jogurty greckie fermentowane przez Probiotic Jogurt	
	Bez wzbogacenia (0 mg Mg)	Wzbogacone w magnez (35 mg Mg)
Preferencja	2,22±0,83 ^a	2,20±1,25 ^a
Konsystencja	7,56±1,33 ^a	7,80±1,03 ^a
Barwa	8,56±1,01 ^a	7,80±0,63 ^a
Smak mleczno-kremowy	7,22±1,48 ^a	7,40±1,17 ^a
Smak kwaśny	4,78±2,22 ^a	5,00±2,05 ^a
Smak słony	1,44±0,53 ^a	2,80±1,00 ^a
Smak obcy	1,00±0,00 ^a	1,40±0,70 ^a
Zapach kwaśny	2,88±1,22 ^a	3,00±1,28 ^a
Zapach obcy	1,00±0,00 ^a	1,10±0,32 ^a

^{a,b} – średnie oznaczone różnymi literami różnią się przy poziomie $p \leq 0,05$

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano pozytywny wpływ fortyfikacji magnezem na konsystencję w jogurtach ukwaszonych szczepionką Cremy Jogurt. W napojach doświadczalnych ukwaszonych przez Cremy Jogurt barwa jogurtów kontrolnych (0 mg magnezu) oceniona została na 8,56 pkt. a w przypadku napojów wzbogaconych w magnez na 7,90 pkt. W ocenie konsumentów napój bez wzbogacenia (0 mg Mg) charakteryzował się bardziej intensywnym smakiem mleczno - kremowym ocenionym na 7,56 pkt. w porównaniu do jogurtów fortyfikowanych (5,90 pkt.) (Tab. 8). Z kolei intensywniejszym zapachem kwaśnym charakteryzował się jogurt wzbogacony w 35 mg magnezu ukwaszony przez Cremy Jogurt.

Jogurty fermentowane przez kultury probiotyczne fortyfikowane magnezem w opinii zespołu posiadały intensywniejszy smak mleczno-kremowy, kwaśny, słony i obcy w porównaniu do napojów niewzbogaconych (Tab. 9). Sole wapniowe i magnezowe rozpuszczalne w wodzie stosowane w nadmiarze mogą przyczyniać się do zmiany cech sensorycznych, np. nadać posmak słony, gorzki lub kredowy, upłynniać konsystencję [Kitlas i Ziarno, 2002; Ziarno, 2006].

Wnioski

1. Rodzaj zastosowanych kultur starterowych różnicował istotnie pH wyprodukowanych jogurtów, natomiast nie wpływał na synerżę i teksturę.
2. Zastosowanie do fortyfikacji jogurtów jednowodnego L-mleczanu magnezu powodowało istotne podwyższenie pH i obniżenie kwasowości miareczkowej oraz zmniejszenie synerży napojów o 4-6%. Fortyfikacja jogurtów typu

greckiego 35 mg magnezu zmieniała twardość skrzepu oraz zwiększała intensywność smaku kwaśnego, słonego i obcego oraz zapachu kwaśnego i obcego.

Literatura

- [1] Achanta, K., Aryana, K. J., Boeneke, C. A.: Fat free plain set yogurts fortified with various minerals. *LWT-Food Science and Technology*, 2007, 40, 424–429.
- [2] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. Wyd. II.* Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków 2014.
- [3] Baranowska M., Żbikowska A., Żbikowski Z.: Charakterystyka jogurtu produkowanego metodą przyspieszoną i termostatową. *Inżynieria i aparatura chemiczna*, 2009a, 48 (2), 20–22.
- [4] Baranowska M., Żbikowska A., Żbikowski Z.: Porównanie cech jakościowych bio-jogurtu produkowanego metodą przyspieszoną i tradycyjną. *Inżynieria i aparatura chemiczna*, 2009b, 48 (2), 23–24.
- [5] Cueva O., Aryana K.J.: Quality attributes of a heart healthy yogurt. *LWT-Food Science and Technology*, 2008, 41, 537–544.
- [6] Desai N.T., Shepard L., Drake M.A.: Sensory properties and drivers of liking for Greek yogurts. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96 (12), 7454–7466.
- [7] Jaworska D., Hejduk L.: Instrumentalna metoda oceny gładkości jogurtu naturalnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 4 (59), 26 – 34.
- [8] Domagała J.: Texture of yoghurts and bio-yoghurts from goat's milk depending on starter culture type. *Milchwissenschaft*, 2005, 60 (3), 289–292.
- [9] Kitlas M., Ziarno M.: Próba wzbogacenia serów twarogowych w wapń. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, 3 (32), 79–88.
- [10] Mituniewicz-Małek A., Dmytrów I., Pilarczyk R., Brajer A.: Ocena wybranych cech jakościowych jogurtów o podwyższonej zawartości tłuszczu w czasie chłodniczego przechowywania. *Przegląd mleczarski*, 2010, 6, 12–18.
- [11] Nowak J.: Przyczyny niskiego spożycia mleka, tendencje rozwoju rynku w segmencie żywności funkcjonalnej. *Przegląd mleczarski*, 2009, 11, 46–51.
- [12] Pawlos M., Znamirska A., Kalicka D., Szajnar K.: Wpływ czasu przechowywania i rodzaju szczepionki na teksturę i jakość sensoryczną jogurtów otrzymanych metodą termostatową. *Właściwości produktów i surowców żywnościowych. Wybrane zagadnienia*, PTTŻ, UR Kraków, PAN, 2014, 15–25.
- [13] Rój A., Przybyłowski P.: Ocena barwy jogurtów naturalnych. *Bromatologia i chemia toksykologiczna. XLV*, 2012, 3, 813–816.
- [14] Serafeimidou A, Zlatanov S., Laskaridis K., Sagredos A.: Chemical characteristics, fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content of traditional Greek yogurts. *Food Chemistry*, 2012, 134, 1839–1846.

- [15] Shelef L.A., Ryan R.J.: Calcium supplementation of cottage chesse. *Journal of Dairy Science*, 1988, 71 (10), 2618-2621.
- [16] Soukoulis, C., Panagiotidis, P., Koureli, R., Tzia, C.: Industrial yogurt manufacture: monitoring of the fermentation process and improvement of final product quality. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90, 2641-2654.
- [17] Wichrowska D., Wojdyła T.: Ocena sensoryczna i fizykochemiczna wybranych jogurtów naturalnych i ekologicznych. *Inżynieria i aparatura chemiczna*, 2014, 53 (6), 421-423.
- [18] Ziarno M.: Produkty mleczarskie wzbogacone w magnez. *Przemysł spożywczy* 2004, 12, 38-41.
- [19] Ziarno M., Hauzer A.: Preferencje konsumentów oraz ich świadomość o probiotycznych mlecznych napojach fermentowanych. *Przegląd mleczarski*, 2009, 5, 40-45.
- [20] Ziarno M., Więclawski S.: Wpływ dodatku mleczanu wapnia na rozwój bakterii fermentacji mlekowej w bulionie MRS i mleku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 4 (49), 110-119.
- [21] Znamirska A., Kalicka D., Pawlos M., Szajnar K.: Quality of yoghurts from goat's milk enriched with magnesium chloride. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2015, 4 (4), 369-372.

WPLYW PREPARATÓW KARAGENOWYCH NA JAKOŚĆ WYROBÓW BISZKOPTOWO-TŁUSZCZOWYCH

ANNA ŻBIKOWSKA, MAŁGORZATA KOWALSKA, MARTA
KOBYLİŃSKA, KATARZYNA MARCINIĄK-ŁUKASIAK

Streszczenie

Celem pracy było zbadanie możliwości ograniczenia zawartości tłuszczu w muffinach biszkoptowo-tłuszczowych, poprzez zastosowanie preparatów karagenowych. Zakres pracy obejmował: produkcję muffin o obniżonej zawartości tłuszczu z udziałem dwu rodzajów preparatów (Targiel oraz Bekapłus C 100) oraz zbadanie wpływu zastosowanych zamienników tłuszczu na parametry fizyczne i jakość sensoryczną produktów. Tłuszcz w składzie recepturowym zastąpiono w ilości: 40, 60, 80 i 100%.

W pracy oznaczono: objętość wyrobów, masę objętościową i twardość miękiszu. Ponadto muffiny oceniono sensorycznie stosując metodę ilościowej analizy opisowej (profilowania).

Badane wyroby różniły się objętością, w zależności od rodzaju i ilości dodanego preparatu, od 95 cm³ (próba kontrolna) do 125 cm³ (próba z największym dodatkiem preparatu Targiel) i do 119 cm³ (wyroby z maksymalnym dodatkiem Bekapłus C 100). Masa objętościowa miękiszu (Ms) malała wraz ze wzrostem substytucji tłuszczu i udziału karagenu w składzie recepturowym. Ms muffin, do produkcji których zastosowano preparat Bekapłus C 100 malała szybciej niż w przypadku ciastek z preparatem Targiel.

Stwierdzono, że ograniczenie zawartości tłuszczu w muffinach biszkoptowo-tłuszczowych jest możliwe przy użyciu preparatów karagenowych. Jednakże substytucja taka powodowała pogorszenie niektórych cech jakościowych otrzymanych wyrobów. Decydujący wpływ na jakość muffin miała wielkość dodatków z karagenem. Analizując badane parametry fizyczne oraz biorąc pod uwagę udział komór powietrznych w miękiszu (ich kształt i równomierność występowania), smak i zapach, za najlepsze uznano wyroby, w których zastąpiono 60% tłuszczu.

Słowa kluczowe: karagen, zamienniki tłuszczu, jakość, wyroby biszkoptowo-tłuszczowe

Wprowadzenie

Zarówno na rynku polskim jak i światowym, pomimo bardzo szerokiego asortymentu wyrobów ciastkarskich, wciąż pojawiają się nowe produkty. Są one chętnie spożywane przez dzieci i dlatego szczególnie istotna jest ich jakość.

Wyroby ciastkarskie często mają w swoim składzie duże ilości tłuszczu. Ich produkcja odbywa się przy użyciu tłuszczów stałych, bogatych w nasycone kwasy tłuszczowe (KT), a czasami również w izomery trans, które są niepożądane żywieniowo. Te ostatnie są przyczyną podwyższania w krwi stężenia frakcji LDL cholesterolu, przy jednoczesnym obniżeniu frakcji HDL, są one także źródłem tzw. „pustych kalorii”. Nieprawidłowy skład KT oraz nadmiar tłuszczu w diecie prowadzi do rozwoju wielu niebezpiecznych chorób cywilizacyjnych m.in. otyłości, cukrzycy, nowotworów [Kochan i in. 2010; Żbikowska, 2010; Voelker, 2012, Jansson i in. 2013]. Według ekspertów współpracujących z EFSA zakres minimalnego i maksymalnego udziału energii z tłuszczu u dorosłych powinien wynosić od 20 do 35% energii pochodzącej z diety [EFSA, 2010], a ilość izomerów trans kwasów tłuszczowych w diecie powinna być ograniczona do minimum [EFSA, 2012].

Wychodząc naprzeciw zaleceniom specjalistów ds. żywienia, technolodzy i producenci żywności wprowadzają modyfikacje składu recepturowego i technologii produkcji w celu poprawy jakości żywieniowej wyrobów finalnych. W produkcji ciastkarskiej, również w odniesieniu do wyrobów biszkoptowo-tłuszczowych, nie zawsze obniżenie poziomu tłuszczu jest możliwe. Związane jest to z jego funkcjonalną rolą, pełni on szereg ważnych funkcji w żywności np. jest nośnikiem smaku, czynnikiem strukturotwórczym [Drozdowski, 2007; Jurczyk, 2001, Khalil 1998]. Jednym z rozwiązań, coraz chętniej wprowadzanych przez firmy produkujące żywność, jest zastępowanie części dodawanego tłuszczu przez składniki alternatywne (zamienniki), które w dużym stopniu są w stanie przejąć jego rolę. Jakość (zwłaszcza sensoryczna) produktów o obniżonej zawartości tłuszczu, nie może różnić się znacząco od jakości wyrobów uzyskanych wg klasycznej receptury. Wyrób musi spełniać oczekiwania konsumentów.

W żywności od dawna podejmowane są próby zastępowania tłuszczu zamiennikami na bazie białek, tłuszczów a także węglowodanów [Akoh, 1998]. Szczególnie cenną alternatywą są substancje, które obniżają wartość energetyczną produktu finalnego, a jednocześnie nie zmieniają jego cech jakościowych.

Do zamienników węglowodanowych można zaliczyć m.in.: karagen, którego kaloryczność wynosi 40 kcal na 100 g. Znalazł on już zastosowanie w wielu wodnych układach spożywczych przy produkcji: deserów żelowanych, dressingów do sałatek czy nadzień do ciast [Kowalski i Sikora, 2007]. W przemyśle ciastkarsko-piekarskim karagen dodawany jest w niewielkiej ilości - 0,1 % do ciasta w roli tzw. polepszacza. W takiej ilości znacząco poprawia teksturę wyrobów, zwiększa ich wilgotność i pozwala na równomierniejsze rozprowadzenie dodatków np. owoców czy orzechów [Glicksman, 1983]. Wzrost wilgotności wyrobów wydłuża ich okres przydatności do spożycia [Glicksman, 1983; Kowalski i Sikora, 2007].

Celem pracy było zbadanie możliwości ograniczenia zawartości tłuszczu w muffinach biszkoptowo-tłuszczowych, poprzez zastosowanie preparatów karagenowych.

Materiał i metody badań

Do produkcji muffin wykorzystano następujące surowce:

- mąkę pszenną Szymanowską typ 480 (Zakłady Przetwórstwa Zbożowego „Szymanów” sp. z o. o. w Teresinie),
- tłuszcz piekarski - olej palmowy uwodorniony (Zakłady Tłuszczowe "Kruszwica" S.A. w Kruszwicy),
- cukier puder (Pfeifer & Langen Marketing Sp. z o.o),
- jaja kurze, klasa wagowa M, klasa A, chów klatkowy (wyprodukowane dla TESCO/Polska Sp. z o.o.),
- proszek do pieczenia (wyprodukowane dla TESCO/Polska Sp. z o.o.),
- preparaty karagenowe (wyprodukowane przez BK Giulini GmbH) Targiel (zawartość karagenu wynosiła 64% według specyfikacji producenta) i Bekaplus C 100 (zawartość karagenu w preparacie wynosiła 58% według specyfikacji producenta).

Ciasto kontrolne przygotowano stosując układ składników zamieszczony w Tab. 1. W pozostałych ciastach zmniejszono zawartość tłuszczu o 40, 60 80 i 100 %, w jego miejsce wprowadzono preparaty karagenowe, odpowiednio w ilościach: 2,5; 3,7; 5,0 i 6,2% (w stosunku do masy surowego ciasta).

Tab. 1. Skład recepturowy – wyjściowy (próba kontrolna)

Surowiec	Ilość [g]
Mąka	100
Tłuszcz	100
Cukier	100
Jaja kurze	100
Proszek do pieczenia	2

Wyznaczenie objętości ciastek biszkoptowo-tłuszczowych

Objętość gotowego wyrobu wyznaczono w oparciu o metodę przedstawioną przez Jakubczyka i Habera [1983]. Wynik końcowy podano w cm³ z dokładnością do 0,1 cm³ i jest on średnią z trzech powtórzeń.

Masę objętościową miękiszu wyznaczono ze wzoru:

$$M_s = \frac{M}{V} \cdot 1000$$

gdzie: M_s – masa objętościowa [g/dm³], M– masa wyrobu [g], V – objętość wyrobu [cm³].

Oznaczenie parametru tekstury

Teksturę badano przy pomocy aparatu TA-XT2i Texture Analyser - Stable Micro Systems. Do pomiaru zastosowano trzpień o średnicy 2,5 cm, siłę 0,1 N, prędkość przesuwu elementu roboczego 2 mm/s. Z muffin wycinano próbki w kształcie sześcianu (o krawędzi 2,0 cm), układano je na podstawie aparatu i poddawano ściskaniu trzpieniem. Przy ściskaniu zastosowano 30% odkształcenie. Odczytaną maksymalną siłę [N] uznawano za twardość miękiszu. Wynik końcowy podano z dokładnością do 0,001N i był średnią z 10 powtórzeń, dla każdego z wypieków.

Ocena sensoryczna ciastek kruchych

Ocenę gotowego wyrobu wykonał przeszkolony zespół 10 osobowy. Ocenie profilowej poddano: wygląd zewnętrzny (barwę, równomierność wypieczenia muffin, pęknięcia na powierzchni oraz porowatość na przekroju wyrobu), zapach (swoisty, olejowy, mączny i inny), teksturę (twardość i sprężystość), smak (swoisty, słodki, olejowy, mączny i obcy) i jakość ogólną (pożądalności) muffin. W metodzie profilowania zastosowano liniową niestrukturowaną skalę oceny intensywności o długości 100 mm, gdzie lewa strona oznaczała mniejszą intensywność, a prawa większą danego parametru. Wyrażano intensywność doznawanego wrażenia, stawiając na linii pionową kreskę. Ocenę wyrażano liczbowo, przez pomiar długości odcinka od lewego końca skali do miejsca zaznaczonego przez oceniającego.

Analiza statystyczna

Statystyczne opracowanie wyników wykonano przy pomocy programu Statgraphics Plus 4.1. Do sprawdzenia istotności różnic między średnimi wartościami badanych parametrów wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji. Zastosowano test Duncana, dla poziomu istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

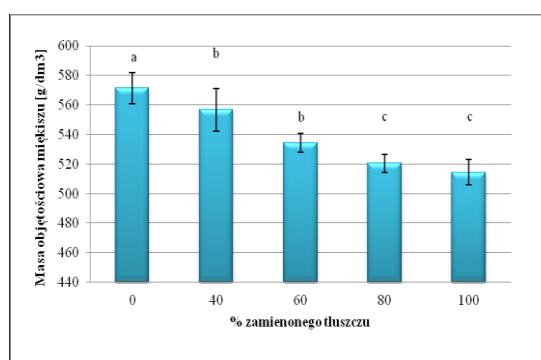
Tłuszcz podczas przygotowywania ciasta zatrzymuje powietrze w formie małych pęcherzyków, które podczas pieczenia zmieniają objętość formując w ten sposób porowatą strukturę produktu upieczonego i wpływając na jego objętość [Żbikowska i Krygier, 2004]. Otrzymane wyroby różniły się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) pod względem objętości. Dodatek preparatów karagenowych powodował wzrost objętości muffin. Generalnie większymi objętościami charakteryzowały się wyroby z dodatkiem preparatu Targiel (Tab. 2).

Tab. 2. Objętość muffin w zależności od stopnia substytucji tłuszczu

Wariant (substytucja tłuszczu w %)	Objętość muffin z preparatem Targiel [cm ³]	Objętość muffin z preparatem Bekaplast C 100 [cm ³]
0	95,8 a ± 9,61	95,8 a ± 9,61
40	106,7 a ± 9,21	98,3 a ± 7,14
60	117,5 a ± 3,54	104,2ab ± 8,61
80	121,0 b ± 6,14	115,2 bc ± 0,71
100	125 b ± 7,07	119,2 c ± 5,61

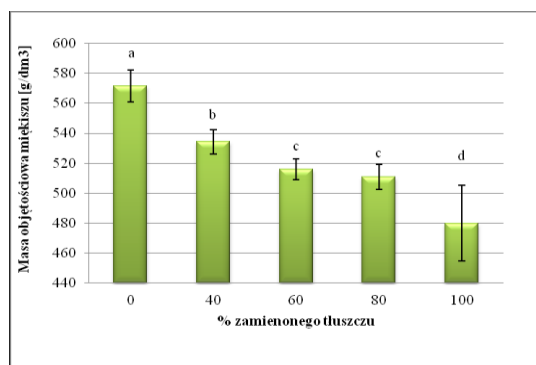
*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$

Masa objętościowa miękiszu charakteryzuje jego stopień napowietrzenia, im mniejsza jest jej wartość tym lepsza jakość wyrobu. Badane próbki różniły się istotnie statystycznie pod względem masy objętościowej. Dodatek preparatu, niezależnie od jego rodzaju powodował spadek wartości tego parametru. Większe zróżnicowanie wykazano w przypadku substytucji tłuszczu preparatem Bekaplast C 100 (Rys. 1-2).



Rys. 1. Masa objętościowa miękiszu badanych muffin w zależności od stopnia substytucji tłuszczu preparatem Targiel.

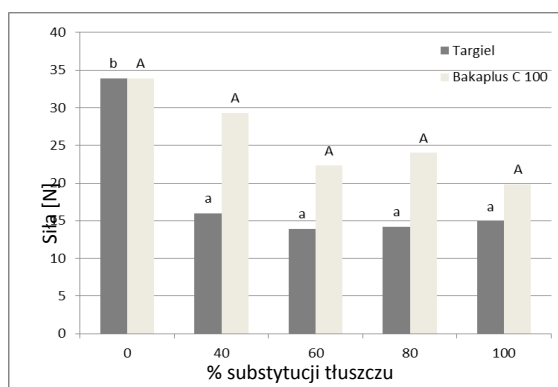
*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$



Rys. 2. Masa objętościowa miękiszu badanych muffin w zależności od stopnia substytucji tłuszczu preparatem Bekapplus C 100.

*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$

Tłuszcz ma o wiele większy wpływ na kształtowanie tekstury ciast niż cukier i mąka [Żbikowska i Krygier 2004; Seker, 2010]. Wykazano, że rodzaj zastosowanego preparatu miał wpływ na właściwości mechaniczne badanych wyrobów. Więcej siły wymagało ściśnięcie próbek miękiszu wyrobów z preparatem karagenowym Bakapplus C 100 (od 19,8 do 29,3 N), w porównaniu do próbek z preparatem – Targiel (od 14,2 do 16,0 N). Wzrost udziału preparatów w składzie recepturowym powodował zmniejszenie maksymalnej siły koniecznej do ściśnięcia próbki, jednakże jej wartości różniły się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) jedynie w przypadku produktów z preparatem Targiel (Rys. 3).



Rys. 3. Twardość muffin w zależności od stopnia substytucji i rodzaju preparatu karagenowego

*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$ (dotyczy próbek z zmiennikiem Targiel),

*A,B,C – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$ (dotyczy próbek z zmiennikiem Bakapplus C 100).

Również Laguna i in. [2013] i Żbikowska i in. [2008] wykazali występowanie zależności pomiędzy rodzajem i ilością zastosowanego zamiennika tłuszczu a teksturą (twardością) ciastek kruchych. Wykazali oni, że dodatek inuliny powodował znaczący wzrost twardości wyrobów. Natomiast w przypadku preparatu celulozy (HPMC) Laguna i in. [2013] nie wykazali istotnych różnic pomiędzy teksturą herbatników z HPMC a próbą kontrolną (bez zamiennika tłuszczu).

Tłuszcz w bardzo istotny sposób wpływa na właściwości sensoryczne wyrobów ciastkarskich (smak, zapach, teksturę) [Rutkowska i Zbikowska, 2010; Seker i in. 2010].

W obrębie wyglądu zewnętrznego oceniano następujące wyróżniki: barwę, pęknięcia na powierzchni i równomierność wypieczenia muffin oraz oceniono wygląd miększu w przekroju - porowatość. Zarówno dla wypieków z zamiennikiem Targiel jak i Bekaplu C 100 wykazano, że wraz ze wzrostem substytucji tłuszczu zmniejszała się równomierność wypieczenia wyrobów. Wykazano występowanie różnic istotnych statystycznie ($p < 0,05$) w obrębie omawianych wyróżników, w zależności od wielkości udziału preparatów w składzie recepturowym. Za najmniej popękane uznano (dla obu zamienników) muffiny, w których substytucja tłuszczu wynosiła 40 i 100 %. Występowanie pęknięcia na powierzchni wyrobów biszkoptowo-tłuszczowych jest cechą charakterystyczna dla tego typu produktów. Oceniający najwyżej ocenili barwę wyrobów, w których tłuszcz zastąpiono w 40, 60 oraz 100 %. Przy zamianie tłuszczu preparatem Targiel różnica pomiędzy barwą ciastek bez tłuszczu (wariant 5) i z próby kontrolnej (wariant 1) była istotna statystycznie. Wzrost udziału preparatów karagenowych w składzie recepturowym powodował wzrost porowatości, jednakże powstające przestrzenie powietrzne były bardzo duże i nieregularne (nietypowe dla wyrobów biszkoptowo-tłuszczowych) - Tab. 3.

Tab. 3. Wyróżniki jakości sensorycznej wyglądu zewnętrznego muffin

Substytucja tłuszczu (%)	Preparat Targiel				Preparat Bekaplu C 100.			
	Barwa	Równomierność wypieczenia	Pęknięcia na powierzchni	Porowatość	Barwa	Równomierność wypieczenia	Pęknięcia na powierzchni	Porowatość
0	4,5a ±1,9	7,4 b ±1,6	4,3 a ±2,7	2,1a ±1,8	4,5a ±2,7	7,8c ±1,1	4,0 a ±2,8	1,8a ±1,8
40	5,7ab ±1,3	6,2 ab ±1,8	4,0 a ±2,2	3,6a ±2,4	5,8a ±1,5	6,6 bc ±1,5	3,5 a ±2,0	3,6a ±1,3
60	5,5ab ±1,6	5,6 ab ±1,8	5,0 ±2,7	6,2bc ±1,6	5,8a ±1,8	5,6 b ±1,6	4,9 a ±2,9	6,2b ±1,6
80	4,6a ±1,5	4,9 a ±1,7	5,2 a ±2,4	5,6b ±1,5	5,1a ±1,6	4,9 ab ±2,0	5,0 a ±2,3	6,8b ±1,0
100	6,0b ±1,7	4,2 a ±2,3	3,7 a ±2,5	7,7c ±1	6,1ab ±1,7	4,1 a ±2,5	3,6 a ±2,7	8,2b ±0,9

*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$

Pozytywnym zapachem jest zapach swoisty. Był on najmocniej wyczuwalny w muffinach bez dodatku preparatu (próba kontrolna) oraz z 60 % substytucją tłuszczu. W wyrobach, w których 40 % tłuszczu zamieniono preparatem Targiel zapach mączny był najbardziej intensywny, jednakże nie odnotowano statystycznie istotnej różnicy między wartościami tego parametru (Tab. 4). Wykazano, że tłuszcz będący nośnikiem zapachu przyczyniał się do bardziej intensywnego odczuwania przez ocenających zapachu swoistego oraz olejowego muffinach.

Tab. 4. Wyróżniki jakości sensorycznej zapachu muffin.

Substytucja tłuszczu (%)	Preparat Targiel				Preparat Bekapplus C 100.			
	Swoisty	Olejowy	Mączny	Inny	Swoisty	Olejowy	Mączny	Inny
0	6,1a ±2,6	3,2a ±1,7	3,5a ±1,4	0,1a ±0,1	6,1a ±3,2	2,9a ±1,9	3,3a ±1,9	0,1a ±0,2
40	4,8 a ±3	3,7a ±1,7	4,0a ±1,9	0,3a ±0,9	4,5a ±2,6	3,4a ±2	3,6a ±1,8	1,5a ±2,4
60	5,9a ±2,2	4,1a ±2,3	3,2a ±1,4	0,4a ±1,2	6,0a ±2,3	4,1a ±2,3	2,9a ±1,6	1,2a ±2,3
80	4,8a ±2,1	3,3a ±0,9	3,5a ±2,2	0,9a ±1,4	4,9a ±2,2	2,9a ±1,7	3,3a ±2	0,9a ±1,5
100	4,6a ±2,8	2,9a ±1,3	3,3a ±2,4	0,6a ±1,0	4,6a ±2,9	2,8a ±1,3	2,9a ±2,3	0,3a ±0,7

*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$

Po przeanalizowaniu wyników analizy sensorycznej wyróżników tekstury wykazano, że wraz ze wzrostem stopnia substytucji tłuszczu poszczególne noty rosły (Tab. 5). Muffiny różniły się istotnie statystycznie pod względem ocenianych wyróżników ($p < 0,05$). Wyniki sensoryczne potwierdziły wyniki uzyskane instrumentalnie (masę objętościową miększu, maksymalną siłę ściskającą).

Tab. 5. Wyróżniki jakości sensorycznej tekstury muffin

Substytucja tłuszczu (%)	Preparat Targil C 100.		Preparat Bekapplus C 100.	
	Sprężystość	Twardość	Sprężystość	Twardość
0	4,7a±2,0	2,9a±1,0	4,7a±2,5	3,0a ±0,9
40	4,9a ±2,7	4,0ab±1,5	4,8a±2,7	3,7ab ±1,6
60	5,6a ±2,1	3,7ab±2,1	5,9a±1,9	3,5ab ±1,1
80	5,8ab ±2,5	4,6ab±1,7	6,3ab±2,4	4,5ab ±1,7
100	6,4b ±1,9	5,2b±2,4	6,6b±2,1	5,0 b±2,4

*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$

Najbardziej wyczuwalne były smaki słodki i swoisty. Największą ich intensywnością cechowały się wyroby z próby kontrolnej. Smak olejowy był najbardziej wyczuwalny w muffinach, w których składzie recepturowym tłuszcz miał największy udział. Nie wykazano różnic istotnych statystycznie ($p < 0,05$) w przypadku większości analizowanych wyróżników (Tab. 6).

Tab. 6. Wyróżniki jakości sensorycznej smaku muffin

Substytucja tłuszczu (%)	Preparat Targiel					Preparat Bekaplus C 100.				
	Swoisty	Słodki	Olejowy	Mączny	Obcy	Swoisty	Słodki	Olejowy	Mączny	Obcy
0	6,8a ±2,6	6,3a ±2,0	4,8b ±2,2	3,7a ±1,6	0,7a ±0,6	6,9a ±2,9	6,3a ±2,7	5,4b ±2,2	3,5a ±2,4	0,5a ±0,6
40	5,3a ±2,1	4,5a ±2,6	3,2a ±2,0	3,8a ±2,1	1,8a ±1,6	5,8a ±2,4	4,7a ±2,7	2,9a ±1,8	3,3a ±2,3	1,9a ±2,2
60	6,0a ±1,5	5,9a ±1,5	3,3a ±2,0	3,0a ±2,5	2,3a ±2,4	6,2a ±1,1	5,8a ±1,8	3,2a ±2,2	2,6a ±2,2	2,0a ±2,6
80	5,8a ±1,2	5,7a ±1,9	3,2a ±1,2	3,2a ±1,2	2,7a ±1,8	5,8a ±2,0	5,6a ±2,2	2,8a ±1,6	2,7a ±1,0	2,7a ±2,0
100	5,7a ±1,8	4,8a ±2,5	2,9a ±2,2	2,0a ±1,4	2,7a ±1,7	5,8a ±1,9	5,0a ±2,7	2,7a ±2,1	1,9a ±1,1	2,5a ±1,6

*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$

Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem substytucji tłuszczu i udziałem preparatów karagenowych w składzie recepturowym zmniejszała się jakość ogólna badanych muffin. Jednakże niezależnie od rodzaju preparatu wykazano, że wyroby w których zamieniono 40 i 60 % tłuszczu nie różniły się istotnie statystycznie od próby kontrolnej. Natomiast dalsza substytucja powodowała istotny spadek akceptacji produktu przez osoby oceniające (Tab. 6).

Tab. 6. Sensoryczna jakość ogólna muffin

Substytucja tłuszczu (%)	Preparat Targiel	Preparat Bekaplus C 100
0	6,3 b ±3,1	6,5 b ±3,2
40	5,1 ab ±3,1	5,1 ab ±3,1
60	5,6 ab ±2	5,6ab ±2
80	4,4 a ±2,8	4,4 a ±2,8
100	3,5 a ±2,9	3,5 a ±2,8

*a,b,c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie, $p < 0,05$

Wnioski

1. Ograniczenie zawartości tłuszczu w ciastkach biszkoptowo-tłuszczowych przy użyciu preparatów karagenowych było możliwe, jednak w ograniczonym zakresie.
2. Substytucja tłuszczu preparatami karagenowymi powodowała wzrost objętości gotowych wyrobów i spadek masy objętościowej ich miękiszu. Ponadto zaobserwowano tendencję do zmniejszania się twardości miękiszu wraz ze wzrostem udziału karagenu w składzie recepturowym wyrobów, co było bardziej widoczne w przypadku preparatu Bekaplast C 100.
3. Wraz ze wzrostem ilości zamienionego tłuszczu wzrastała ilość dużych, o nierównomiernym kształcie, przestrzeni powietrznych w miękiszu muffin. Zjawisko to było niekorzystne, i zdecydowanie obniżało jakość sensoryczną.
4. Ustalono, że najlepsze, pod względem cech sensorycznych takich, jak: smak, zapach, a także ze względu na obecność niepożądanych dużych komórek powietrznych w miękiszu, były muffiny z 60 % substytucją tłuszczu. Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do dalszych badań nad wykorzystaniem karagenu w produkcji ciastkarskiej.

Literatura

- [1] Akoh C.: Fat replacers. Food Technology, 1998, 3(52), 47-53.
- [2] Drozdowski B.: Charakterystyka tłuszczów jadalnych. w: Chemia Żywności (red. Z. Sikorski), WNT, Warszawa 2007.
- [3] EFSA: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. EFSA Journal, 2010, 8, 1461, 1-107.
- [4] EFSA: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for energy, 2012, (<http://www.efsa.europa.eu/en/consultationsclosed/call/120720.pdf>).
- [5] Glicksman, M.: Red Seaweed extracts (agar, carrageenans, and furcellaran). in: Food Hydrocolloids 2 (Glicksman, M. ed.), CRC Press, Boca Raton 1983.
- [6] Jakubczyk T., Habera T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych, Skrypt SGGW, Warszawa 1983.
- [7] Jansson S.P.O., Engfeldt P., Magnuson A., Lohse G.P.T., Liljegren G.: Interventions for lifestyle changes to promote weight reduction, a randomized controlled trial in primary health care, MC Research Notes, 2013, 6, 213-220.
- [8] Jurczyk A. Produkcja piekarsko-ciastkarska i cukiernicza. W: Technologia Żywności t. 4, Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 2001.
- [9] Khalil A. H.: The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of low fat cake. Plant Foods for Human Nutrition, 1998, 52, 299-313.
- [10] Kochan Z., Karbowska J., Babicz-Zielińska E.: Trans-kwasy tłuszczowe w diecie – rola w rozwoju zespołu metabolicznego. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 2010, 64, 650-658.

- [11] Kowalski S., Sikora M.: Hydrokoloidy polisacharydowe jako substancje dodatkow w przemyśle spożywczym. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2004, 11, 10-12.
- [12] Laguna L., Primo-Martín C., Varela P., Salvador A., Sanz T.: HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation *LWT - Food Science and Technology*, 2013, 30, 1-8.
- [13] Rutkowska J, Zbikowska A: Effects of fatty acids composition of liquid margarines on sensory quality of cakes. *Acta Alimentaria*. 2010, 39, 125-137,.
- [14] Seker, I. T., Ozboy-Ozbas, O., Ozturk, S., Koksel, H.: Utilization of Apricot Kernel Flour as fat replacer in cookies. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2010, 34, 15-26.
- [15] Voelker R. Escalating Obesity Rates Pose Health, Budget Threats, *JAMA*. 2012, 308(15):1514. doi:10.1001/jama.2012.13712.
- [16] Żbikowska A, Rutkowska J.: Possibility of partial replacement of fat by inuline in cookies in order to decrease their caloric value, *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 2008, 1(58), 113-117.
- [17] Żbikowska A., Krygier K.: Wpływ składu kwasów tłuszczowych na cechy miękiszu ciast biszkoptowo-tłuszczowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 3(40) Supl., 219 – 226.
- [18] Żbikowska A.: Formation and properties of trans fatty acids – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2010, 60, 2, 107-114.

AUTORZY

MACIEJ BALAWEJDER - *Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

KATARZYNA BARTOSZEK - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

MACIEJ BILEK - *Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

JÓZEF BŁAŻEWICZ - *Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

EDYTA BOGUSZEWSKA - *Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, IUNG-PIB w Puławach*

PIOTR J. BYKOWSKI - *Katedra Towaroznawstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa, Akademia Morska w Gdyni*

BARBARA CHILCZUK - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

BARBARA CHWASZCZ - *Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

ALEKSANDRA CIOŁKOWSKA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

ANNA CZAJA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

TOMASZ CZERNECKI - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy Lublinie*

ANNA CZUBASZEK - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

DARIUSZ DANIŁKIEWICZ - *Katedra Herbologii i Technik Uprawy Roślin, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

BOGDAN DEC - *Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

DOROTA DEC - *Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka*

BEATA DOMŻAŁ - *Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

JUSTYNA DROZDOWICZ - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

HALINA GAMBUŚ - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

PAWEŁ GLIBOWSKI - *Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

WOJCIECH GÓRNIAK - *Zakład Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie*

ELŻBIETA GUJSKA - *Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie*

WALDEMAR GUSTAW - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

EWA JABŁOŃSKA-RYŚ - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

IZABELLA JACKOWSKA - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MONIKA JANOWICZ - *Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

MAGDALENA JOKA - *Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka*

RADOSŁAW JÓZEFczyk - *Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

DOROTA KALICKA - *Zakład Technologii Mleczarstwa, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

MONIKA KARAŚ - *Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

PAULINA KĘSKA - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

AGNIESZKA KITA - *Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

DOROTA KLENSPÖR-FPAWLİK - *Katedra Towaroznawstwa Żywności, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu*

PIOTR KLORYGA - *Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

ALICJA KORYŚ - *Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

MARTA KOBYLİŃSKA - *Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

DARIUSZ KOWALCZYK - *Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

JAROSŁAW KOWALIK - *Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko Mazurski w Olsztynie*

MAŁGORZATA KOWALSKA - *Katedra Chemii, Wydział Materiałoznawstwa, Technologii i Wzornictwa Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu*

MONIKA KRUPKA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

EWELINA KUZAWİŃSKA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

MAGDALENA LASKOŚ - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie*

AGNIESZKA LATOCH - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

JOANNA LE THANH-BLICHAŁ - *Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie*

JACEK LEWANDOWICZ - *Katedra Przyrodniczych Podstaw Jakości, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu*

AGNIESZKA LESZCZUK - PIANKOWSKA - *Dział Kontroli Jakości, GRAAL S.A. w Wejherowie*

JUSTYNA LIBERA - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

DOROTA LITWINEK - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie*

ADRIANA ŁOBACZ - *Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko Mazurski w Olsztynie*

HALINA MAKALA - *Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego, Warszawa*

AGNIESZKA MAKOWSKA - *Zakład Technologii Zboż, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

ZUZANNA MAŁYSZEK - *Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie*

KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK - *Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

MAŁGORZATA MATERSKA - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

JAROSŁAW MAZURKIEWICZ - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

JOANNA MICHALAK - *Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie*

MONIKA MICHALAK-MAJEWSKA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

ANTONI MIŚ - *Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk*

STANISŁAW MLEKO - *Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

EDYTA MOSÓR - *Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

MACIEJ NASTAJ - Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

AGNIESZKA NAWROCKA - Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk

KATARZYNA NEFFE-SKOCIŃSKA - Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

FABIAN NOWAK - Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie

ANNA OKOŃ - Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

BEATA PASTERNAK - Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

BOGUSŁAW PAWLIKOWSKI - Zakład Ekonomiki, Technologii i Wdrożeń, Morski Instytut Rybacki-Państwowy Instytut Badawczy w Gdyni

MAŁGORZATA PAWŁOS - Zakład Technologii Mleczarstwa, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

AGNIESZKA PERCZYŃSKA - Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

IRENA PERUCKA - Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ANNA PEKSA - Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

JOLANTA PIEKUT - Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka

GRAŻYNA PODOLSKA - Zakład Uprawy Roślin Zbożowych IUNG-PIB w Puławach

DARIA PREJS - Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WOJCIECH RADZKI - Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

MAGDALENA RAJCA - *Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

RYSZARD REZLER - *Katedra Fizyki, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

AGNIESZKA RĘKAS - *Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

JADWIGA ROTHKAEHL - *Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im prof. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie*

PRZEMYSŁAW ROŻEK - *Zakład Technologii Mleczarstwa, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

ZBIGNIEW RZEDZICKI - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

RENATA SABAT - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

MONIKA SACHADYN - KRÓL - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

MARIA SIELICKA - *Katedra Towaroznawstwa Żywności, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu*

KATARZYNA SKRZYPCZAK - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

MONIKA SKWAREK - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

ANETA SŁAWIŃSKA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

ALDONA SOBOTA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

BARTOSZ SOŁOWIEJ - *Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

JOANNA STADNIK - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

DARIUSZ M. STASIAK - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

SYLWIA STĘPNIEWSKA - *Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie*

KRZYSZTOF SURÓWKA - *Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

KATARZYNA SZAJNAR - *Zakład Technologii Mleczarstwa, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

MONIKA ŚWIĄTKOWSKA - *Zakład Zarządzania w Gastronomii i Hotelarstwie, Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

MICHAŁ ŚWIECA - *Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO - *Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

MONIKA TRZĄSKOWSKA - *Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

KAMILA WASILEWSKA - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

ANNA WIRKIJOWSKA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

AGATA WITEK - *BIAŁKI Przetwórstwo Mięsne, Białki*

KAROLINA WÓJCIAK - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

MAŁGORZATA WRONIAK - *Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

ANNA WYWROCKA-GURGUL - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

MARTA ZALEWSKA-KORONA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

PIOTR ZARZYCKI - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

AGNIESZKA ZAWIŚLAK - *Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

AGATA ZNAMIROWSKA - *Zakład Technologii Mleczarstwa, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski*

ANNA ŻBIKOWSKA - *Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

JUSTYNA ŻULEWSKA - *Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie.*