



ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 2 (93)

Kraków 2014

Rok 21

Redaktor naczelny: prof. dr hab. Tadeusz Sikora; tel./fax. 12 293-50-54; e-mail: sikorat@uek.krakow.pl

Sekretarz redakcji (kontakt z autorami): dr Ewa Ślawska; tel. 12 662-48-30; e-mail: wnpttz@wp.pl

Redaktorzy: prof. dr hab. Włodzimierz Grajek (biotechnologia), prof. dr hab. Grażyna Jaworska (żywność pochodzenia roślinnego), prof. dr hab. Danuta Kolożyn-Krajewska (mikrobiologia, bezpieczeństwo i higiena żywności, żywność pochodzenia zwierzęcego), prof. dr hab. Bogusław Król (analiza i ocena żywności), prof. dr hab. Krzysztof Krygier (technologia tłuszczów, żywność funkcjonalna), prof. dr hab. Mieczysław Pałasiński (technologia węglowodanów), prof. dr hab. Tadeusz Sikora (jakość i bezpieczeństwo żywności, zarządzanie jakością, żywność pochodzenia zwierzęcego i towaroznawstwo żywności), prof. dr hab. Stefan Ziajka (technologia mleczarstwa, zarządzanie jakością)

Redaktor językowy (język polski): dr Anna Piechnik-Dębiec

Native speaker: Stanley Holt (Bolton. UK)

Redaktor statystyczny: dr Antoni Goryl

Stali współpracownicy: dr Grażyna Morkis (Warszawa), dr inż. Magdalena Niewczas (Kraków), prof. dr hab. Maria Soral-Śmietana (Olsztyn)

Rada Naukowa: prof. dr Antoni Rutkowski (przewodniczący), dr hab. Kazimierz Dąbrowski (sekretarz), prof. dr hab. Barbara Baraniak, prof. dr hab. Nina Baryłko-Pikielna, prof. dr hab. Włodzimierz Bednarski, prof. dr hab. Józefa Chrzanowska, prof. dr hab. Janusz Czapski, prof. dr hab. Zbigniew Czarnecki, prof. dr Henryk Daun (USA), prof. dr hab. Teresa Fortuna, prof. dr hab. Mariola Friedrich, prof. dr hab. Jan Gawęcki, prof. dr hab. Stanisław Gwiazda, prof. dr Jerzy Jankun (USA), prof. dr hab. Józef Korolczuk (Francja), prof. dr hab. Henryk Kostyra, prof. dr hab. Andrzej Lenart, prof. dr hab. Zdzisława Libudzisz, prof. dr Marian Naczk (Kanada), prof. dr hab. Małgorzata Nogala-Kałucka, prof. dr hab. Jan Oszmiański, prof. dr Jan Pokorny (Czechy), prof. dr Roman Przybylski (Kanada), prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr hab. Bogusław Staniewski, dr Alina Surmacka-Szcześniak (USA), prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, dr Andrzej Sośnicki (USA), prof. dr hab. Zdzisław Targoński, prof. dr hab. Tadeusz Trziszka, prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, prof. dr hab. Erwin Wąsowicz, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, dr John Wojciak (Kanada), prof. dr hab. Maria Wojtatowicz

Konsultanci naukowci: prof. dr hab. Zbigniew Duda, prof. dr hab. Adolf Horubała, prof. dr hab. Jan Kiszka, prof. dr hab. Helena Oberman

WYDAWCA: POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI, WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994 - 1999 wydawcą kwartalnika był Oddział Małopolski PTTŻ

© *Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2014*
Printed in Poland

Wydawanie publikacji dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

ISSN 1425-6959

Czasopismo w postaci wydrukowanej jest wersją główną (pierwotną)

ADRES REDAKCJI: 30-149 KRAKÓW, ul. Balicka 122

Projekt okładki: Jolanta Czarnecka
Zdjęcie na okładce: © mikelaptev-Fotolia.com

Nakład: 550 egz.

SKŁAD I DRUK:



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków
tel./fax (012) 280-71-51; kom. 608 024 572
e-mail: wn@akapit.krakow.pl; www.akapit.krakow.pl

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – dwumiesięcznik

Nr 2 (93)

Kraków 2014

Rok 21

SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
PAULINA NOWICKA, ANETA WOJDYŁO, JAN OSZMIAŃSKI: Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej i skuteczne metody ich eliminacji.....	5
ANNA DUDZIŃSKA, JACEK DOMAGAŁA, MONIKA WSZOŁEK: Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na podstawowe składniki mleka.....	19
MACIEJ NASTAJ, BARTOSZ SOŁOWIEJ, WALDEMAR GUSTAW: Właściwości fizykochemiczne bez wysokobiałkowych otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych.....	33
TOMASZ DASZKIEWICZ, CEZARY PURWIN, STANISŁAW MILEWSKI, ZENON TAŃSKI, RAFAŁ WINARSKI, DOROTA KUBIAK, NATALIA HNATYK, MILENA KOBĄ-KOWALCZYK: Jakość mięsa jagniąt rasy kamienieckiej pochodzącego z różnych elementów tuszy.....	48
DOROTA KOWALSKA, ANDRZEJ GUGOŁEK, PAWEŁ BIELAŃSKI: Zależności między otłuszczeniem tuszki a zawartością tłuszczu śródmięśniowego, profilem kwasów tłuszczowych i kruchością mięsa królików.....	58
BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK, ARKADIUSZ SZTERK, MATEUSZ ROGALSKI, MONIKA KRUK, EWELINA ROKOWSKA, MAGDALENA ZARODKIEWICZ, JAKUB MIKICIUK: Wpływ procesu wędzenia wyrobów wieprzowych otrzymanych z mięsa o różnej jakości początkowej na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.....	73
KAROLINA M. WÓJCIAK, ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA: Stabilność oksydacyjna ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej z dodatkiem probiotycznego szczepu <i>Lactobacillus casei</i> LOCK 0900 i serwatki kwasowej.....	93
MAGDALENA MICHALCZYK, JOANNA BANAS: Wpływ olejków eterycznych z wybranych roślin przyprawowych na stabilność oksydacyjną przechowywanego smalcu wieprzowego.....	110
MARZENA A. PRZYBYSZ, ARKADIUSZ SZTERK, MONIKA ZAWIŚLAK, ELŻBIETA DŁUŻEWSKA: Wpływ procesu mikrokapsułkowania i dodatku przeciwutleniaczy na stabilność oleju rybnego.....	123
BARBARA CHILCZUK, IRENA PERUCKA, MAŁGORZATA MATERSKA, HALINA BUCZKOWSKA: Zawartość luteiny, zeaksantyny i β -karotenu w liofilizowanych owocach wybranych odmian <i>Cucurbita maxima</i> D.	139
JACEK SŁUPSKI, ANNA KORUS: Wpływ mrożenia i sterylizacji na zawartość aminokwasów i jakość białka w produktach z nasion fasoli zwyczajnej (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) o niepełnej dojrzałości.....	151
JOLANTA GAWAŁEK, PRZEMYSŁAW BARTCZAK: Wpływ warunków suszenia rozpyłowego soku buraka ćwikłowego na wybrane właściwości otrzymywanego proszku.....	164
KRZYSZTOF BUKSA: Komponowanie składu mąki żytniej służącej do wypieku modelowych chlebów żytnich metodą bezpośrednią.....	175
HELENA PANFIL-KUNCEWICZ, ANNA LIS, MONIKA MAJEWSKA: Wpływ opakowań aktywnych na trwałość mikrobiologiczną i cechy sensoryczne serów twarogowych.....	190
JUSTYNA BATKOWSKA, ANTONI BRODAKCI: Wpływ mycia skorupy na wybrane cechy jakości jaj kurzych w czasie przechowywania.....	204
MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ: Konsumencka percepcja korzyści z konsumpcji żywności wysokiej jakości.....	214
MAŁGORZATA WRZOSEK, BEATA BILSKA, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, KAROL KRAJEWSKI, ANNA KONDRASZUK: Określenie skali i przyczyn strat żywności w handlu detalicznym na przykładzie mleka i jego przetworów.....	225
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interakcje składników żywności.....	239
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	242
MAGDALENA NIEWCZAS: Nowe książki.....	245
Twórcy polskiej nauki o żywności.....	247
Technolog Żywności.....	251

Zamieszczone artykuły są recenzowane

Czasopismo jest referowane przez: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, Journal Citation Reports / Science Edition; Citation Index Expanded, AGRO, BazEkon, Index Copernicus

FOOD. Science. Technology. Quality

The Scientific Organ of Polish Food Technologists' Society (PTTŻ) – bimonthly

No 2 (93)

Kraków 2014

Vol. 21

CONTENTS

From the Editor.....	3
PAULINA NOWICKA, ANETA WOJDYŁO, JAN OSZMIAŃSKI: Microbiological hazards in minimally processed foods and effective methods to eliminate them	5
ANNA DUDZIŃSKA, JACEK DOMAGAŁA, MONIKA WSZOŁEK: Effect of high hydrostatic pressure on basic components of milk.....	19
MACIEJ NASTAJ, BARTOSZ SOŁOWIEJ, WALDEMAR GUSTAW: Effect of high hydrostatic pressure on basic components of milk: physicochemical properties of high protein meringues made from different whey protein preparations	33
TOMASZ DASZKIEWICZ, CEZARY PURWIN, STANISŁAW MILEWSKI, ZENON TAŃSKI, RAFAŁ WINARSKI, DOROTA KUBIAK, NATALIA HNATYK, MILENA KOBĄ-KOWALCZYK: Quality of meat from different carcass cuts of Kamieniec lambs.....	48
DOROTA KOWALSKA, ANDRZEJ GUGOLEK, PAWEŁ BIELAŃSKI: Relationships among fat deposit within carcass, content of intramuscular fat, fatty acid profile, and tenderness of rabbit meat	58
BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK, ARKADIUSZ SZTERK, MATEUSZ ROGALSKI, MONIKA KRUK, EWELINA ROKOWSKA, MAGDALENA ZARODKIEWICZ, JAKUB MIKICIUK: Effect of process of smoking meat products from pork showing with different initial quality on content of polycyclic aromatic hydrocarbons	73
KAROLINA M. WÓJCIAK, ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: Oxidative stability of organic dry-fermented sausage with added probiotic strain <i>Lb. casei</i> ŁOCK 0900 and acid whey....	93
MAGDALENA MICHALCZYK, JOANNA BANAS: Effect of essential oils from common herbs on oxidative stability of stored lard.....	110
MARZENA A. PRZYBYSZ, ARKADIUSZ SZTERK, MONIKA ZAWIŚLAK, ELŻBIETA DŁUŻEWSKA: Effect of microencapsulation process and addition of antioxidants on stability of fish oil	123
BARBARA CHILCZUK, IRENA PERUCKA, MAŁGORZATA MATERSKA, HALINA BUCZKOWSKA: Content of lutein, zeaxanthin, and β -carotene in lyophilized fruits of selected cultivars of <i>Cucurbita maxima</i> D.....	139
JACEK SŁUPSKI, ANNA KORUS: Effect of freezing and sterilization on content of amino acids and quality of protein of immature seeds of common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	151
JOLANTA GAWAŁEK, PRZEMYSŁAW BARTCZAK: Effect of red beet juice spray drying conditions on selected properties of produced powder	164
KRZYSZTOF BUKSA: Composing rye flour to bake model rye breads by direct method	175
HELENA PANFIL-KUNCEWICZ, ANNA LIS, MONIKA MAJEWSKA: Effect of active packaging on microbiological shelf-life and sensory parameters of tvorog cheeses	190
JUSTYNA BATKOWSKA, ANTONI BRODAK: Effect of washing on selected quality traits of hen egg shells during storage	204
MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ: Consumer perception of benefits of consuming high quality foods	214
MAŁGORZATA WRZOSEK, BEATA BILSKA, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA, KAROL KRAJEWSKI, ANNA KONDRASZUK: Determining scale and causes of food losses in trade exemplified by milk and its products	225
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interactions among food components.....	239
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation	242
MAGDALENA NIEWCZAS: Book reviews	245
Creators of the Polish food science.....	247
The Food Technologist.....	251

Only reviewed papers are published

*Covered by: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus,
Journal Citation Reports / Science Edition; Citation Index Expanded, AGRO, BazEkon, Index Copernicus*

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

przekazujemy Państwu numer 2 (93) dwumiesięcznika *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, w którym zamieściliśmy różnorodnie tematycznie artykuły naukowe, prezentujące dorobek kilku krajowych ośrodków nauki o żywności. Jak w każdym numerze, zamieściliśmy także interesujące informacje w stałych działach. W tym numerze publikujemy artykuł dotyczący problemu marnotrawstwa żywności, na który zwracam uwagę. Problem marnotrawstwa żywności jest wielkim problemem społecznym w Polsce. PTTŻ jest koordynatorem projektu MOST, którego celem jest ograniczenie strat żywności na różnych etapach łańcucha żywnościowego.


W ramach ułatwienia dostępu do publikacji, na stronie internetowej czasopisma zamieściliśmy wyszukiwarkę, która umożliwi odszukanie interesujących Państwa artykułów, opublikowanych w *Żywności* od 2004 r.

Informujemy również, że podjęliśmy kolejne działania nad zwiększeniem zasięgu naszego czasopisma. Od bieżącego roku wprowadziliśmy *Żywność* do bazy Publisher International Linking Association/CrossRef (USA), dzięki czemu artykuły będą miały nadawany identyfikator dokumentu elektronicznego tzw. DOI.

Powtarzamy apel, w dobrze pojętym naszym wspólnym interesie: cytujmy polskich autorów publikujących w *Żywności* w artykułach kierowanych do czasopism zagranicznych! Zwracajmy także większą uwagę na cytowanie artykułów wcześniej opublikowanych w *Żywności*, w opracowaniach nadsyłanych do redakcji.

Kraków, kwiecień 2014 r.

Redaktor Naczelny



Tadeusz Sikora



POLSKIE TOWARZYSTWO
TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ MAŁOPOLSKI

**POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ MAŁOPOLSKI**



**WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI
UNIWERSYTETU ROLNICZEGO IM. HUGONA KOLŁĄTAJA
W KRAKOWIE**



POLSKA AKADEMIA NAUK

KOMITET NAUK O ŻYWNOŚCI PAN

zapraszają na XI Konferencję Naukową

z cyklu

„Żywność XXI wieku”

ŻYWNOŚĆ A BEZPIECZEŃSTWO ZDROWOTNE

18-19 WRZEŚNIA 2014, Kraków

Adres Komitetu Organizacyjnego

Konferencja Naukowa „Żywność a bezpieczeństwo zdrowotne”

Wydział Technologii Żywności UR

30-149 Kraków, ul. Balicka 122, p. 1.5

Tel: (12) 662 47 92

Dr hab. inż. Lesław Juszczyk

email: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl

Dr Aleksandra Duda-Chodak

email: aduda-chodak@ar.krakow.pl

PAULINA NOWICKA, ANETA WOJDYŁO, JAN OSZMIAŃSKI

ZAGROŻENIA POWSTAJĄCE W ŻYWNOŚCI MINIMALNIE PRZETWORZONEJ I SKUTECZNE METODY ICH ELIMINACJI

Streszczenie

Produkty minimalnie przetworzone odznaczają się jakością zbliżoną do surowców pierwotnych. Są jednak dużo bardziej narażone na niekorzystne oddziaływanie czynników biologicznych, chemicznych i fizycznych aniżeli produkty wysoko przetworzone. W celu poprawy ich trwałości poszukuje się nowych i skutecznych metod nietermicznego utrwalania. Należą do nich ultradźwięki, techniki wysokich ciśnień, techniki membranowe, promieniowanie jonizujące, techniki z wykorzystaniem pulsacyjnego pola elektrycznego, pakowanie w modyfikowanej atmosferze, a także obniżanie aktywności wody i metody fizykochemiczne. Odpowiednio dobrane parametry tych procesów gwarantują stabilność mikrobiologiczną produktów o niskim stopniu przetworzenia oraz zachowanie ich wyjściowych cech sensorycznych.

Słowa kluczowe: żywność minimalnie przetworzona, zagrożenia mikrobiologiczne, nowoczesne metody utrwalania żywności

Wprowadzenie

Głównym założeniem produkcji żywności minimalnie przetworzonej jest otrzymywanie produktów zbliżonych składem chemicznym oraz cechami sensorycznymi do surowców wyjściowych. Pierwsze wzmianki na temat tego typu żywności pojawiły się w drugiej połowie lat 80. XX wieku w Stanach Zjednoczonych, gdzie roczny obrót produktami minimalnie przetworzonymi wynosi około 25 mld dolarów [33]. Zainteresowanie konsumentów tymi produktami wynika głównie z promowania w ostatnich latach zdrowego trybu życia, który przejawia się w zmianie nawyków żywieniowych oraz w zwiększeniu aktywności fizycznej. Niedobory żywieniowe, jak i nadmierne spożywanie żywności, mogą prowadzić do rozwoju w ludzkim organizmie przewle-

*Mgr inż. P. Nowicka, dr hab. inż. A. Wojdyło, prof. dr hab. J. Oszmiański, Katedra Technologii Owo-
ców, Warzyw i Zbóż, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chelmoń-
skiego 37/41, 51-630 Wrocław. Kontakt: paulina.nowicka@up.wroc.pl*

kłych chorób niezakaźnych tj. otyłości, cukrzycy, nadciśnienia tętniczego krwi czy nowotworów. Z tego powodu konsumenci poszukują na rynku produktów naturalnych, o dużej wartości żywieniowej. W celu zaspokojenia potrzeb konsumentów przemysł żywnościowy wprowadził m.in. technologie łagodnego przetwarzania surowców, które sprzyjają zachowaniu w nich cech naturalnych [8, 33].

Pod pojęciem żywności minimalnie przetworzonej rozumie się produkty żywnościowe otrzymywane nowoczesnymi metodami niskoenergetycznymi, zapewniającymi ochronę naturalnych właściwości surowca wyjściowego [29]. Według innych źródeł jest to żywność, której produkcja ogranicza się do podstawowych zabiegów, umożliwiających uzyskanie produktu gotowego do użycia, o zachowanych naturalnych właściwościach [2, 6, 22]. Rzadziej natomiast pojęcie to rozumiane jest dosłownie, jako żywność dostarczana klientowi w pierwotnej formie, typowej dla surowca lub przetworzonej wyłącznie kulinarnie [29].

Pomimo różnic w interpretacji samego pojęcia „żywności minimalnie przetworzonej” wyróżnić można wspólne właściwości tej grupy produktów, do których należą [2, 16, 29, 32, 38]:

- zachowanie sensorycznych cech świeżości, np. turgoru, barwy, zapachu, smaku, dzięki wykorzystaniu łagodnych metod obróbki termicznej i utrwalania,
- zachowanie składników odżywczych wrażliwych w procesach przetwórczych, głównie witamin, prowitamin, fitoskładników i składników mineralnych,
- stosowanie metod kombinowanych, w których łagodnym metodom przetwarzania i utrwalania żywności towarzyszą metody biologiczne lub fizykochemiczne,
- wykorzystanie w procesie pakowania żywności modyfikowanych warunków i specjalnych opakowań indywidualnie dobranych do rodzaju produktu,
- zachowanie temperatury chłodniczej w całym łańcuchu produkcji i dystrybucji.

Powyższe wyróżniki pozwalają otrzymać żywność podobną lub identyczną pod względem składu do surowca wyjściowego i wydłużyć jej przydatność do spożycia nawet do 21 dni [16].

Owoce i warzywa minimalnie przetworzone

Zainteresowanie owocami i warzywami minimalnie przetworzonymi wynika z prozdrowotnego działania ich składników na organizm człowieka. Zawierają one łatwo przyswajalne witaminy, związki fenolowe, składniki mineralne oraz pektyny. Wszystkie one są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, a ponadto zmniejszają ryzyko zachorowań na choroby cywilizacyjne. Stąd też pojawia się potrzeba przedłużenia możliwości spożycia niektórych owoców i warzyw poprzez optymalizację sposobów przechowywania i umiarkowanego przetwarzania [8]. Produkcja owoców i warzyw minimalnie przetworzonych polega w głównej mierze na zastosowaniu następujących etapów [2, 8, 22, 32]:

- sortowania – jest to jedna z najważniejszych operacji jednostkowych, ponieważ umożliwia wybór surowców o najlepszych właściwościach i optymalnej jakości: dojrzałe, zdrowe, jędrne, o pożądanym kształcie, barwie i wielkości,
- mycia i odkażania – to proces, którego istotą jest usunięcie wszelkich zewnętrznych zanieczyszczeń nieorganicznych, mikrobiologicznych i organicznych,
- osuszania, którego celem jest zapobieżenie rozwojowi bakterii, drożdży i pleśni,
- obierania, usuwania części niejadalnych i rozdrabniania, dzięki czemu otrzymuje się produkty gotowe do spożycia lub użycia,
- mieszania – to etap stosowany tylko w niektórych procesach, celem jego jest przygotowanie mieszanki surowców objętych recepturą bądź też otrzymanie żywności typu „*ready to eat*”,
- pakowania, które wraz z przechowywaniem chłodniczym odgrywa najważniejszą rolę w zachowaniu właściwości produktu i jego przydatności do spożycia,
- przechowywania chłodniczego, które dzięki utrzymaniu temperatury w przedziale 0 - 7 °C jest w stanie spowolnić przebieg procesów zachodzących w produktach żywnościowych.

W wyniku opisanych zabiegów uzyskuje się szeroki asortyment produktów owocowych i warzywnych o minimalnym stopniu przetworzenia, do których należą między innymi: pozbawione części niejadalnych i odpowiednio rozdrobnione owoce do koktajli, deserów, ciast, sałatek owocowych lub przekąsek. Ponadto otrzymuje się zestawy do sporządzania surówek, zup, galaretek, puddingów, kompotów, sosów, puree i soków oraz mieszanki sałat i kiełków [25, 33, 38].

Produkty pochodzenia zwierzęcego o minimalnym stopniu przetworzenia

Produkty pochodzenia zwierzęcego o minimalnym stopniu przetworzenia pojawiły się w handlu znacznie wcześniej niż tego typu asortyment owocowo-warzywny. Wśród produktów tych wyróżnia się trzy podstawowe grupy [29]:

- mięso,
- mleko i produkty mleczne,
- ryby i jadalne bezkręgowce morskie.

Na schemat technologiczny produkcji mięsa porcjowanego składa się szereg etapów: przechowywanie chłodnicze surowca, mycie, porcjowanie, osuszanie, pakowanie. W zależności od sposobu pakowania trwałość mięsa można wydłużyć nawet do 14 dni, przy czym musi być zachowana temperatura przechowywania od -1 do 1 °C. W tym celu stosuje się tacki wykonane z materiału absorbującego wydzielający się sok komórkowy, folię obkurczającą się na produkcie oraz pakowanie w modyfikowanej atmosferze [29].

Mleko, ze względu na dużą zawartość wody oraz możliwość zanieczyszczenia podczas udoju, uważane jest za produkt nietrwały. Dlatego też istotne jest jego natychmiastowe schłodzenie po udoju. Poza tym, w celu podwyższenia jego trwałości prowadzi się szereg dodatkowych zabiegów, takich jak: baktofugacja, paskalizacja, homogenizacja, oczyszczanie na membranach czy pakowanie za pomocą właściwie dobranych systemów przemysłowych. Do grupy tej należą także napoje fermentowane, głównie kefir i jogurt. W tych produktach łagodne przetworzenie polega na wykorzystaniu fermentacji mlekowej, czyli biologicznym utrwaleniu [29].

Ryby i jadalne bezkręgowce morskie, analogicznie jak mięso, są chłodzone, myte, porcjowane i pakowane w modyfikowanej atmosferze. Podobnie jak w przypadku większości produktów minimalnie przetworzonych, podstawowym warunkiem jest zachowanie temperatury chłodniczej w całym łańcuchu produkcji i dystrybucji [29].

Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej

W technologii minimalnego przetwarzania żywności najważniejsze jest prowadzenie procesu z wykorzystaniem łagodnych zabiegów, które zapewniają świeżość surowca poprzez ochronę biologiczną żywej tkanki. W ten sposób przygotowane produkty zachowują cechy zbliżone do surowców pierwotnych. Należy jednak pamiętać o aspekcie bezpieczeństwa żywności. Bezpieczna produkcja wymaga, aby poziom zanieczyszczenia produktów mikroorganizmami był poniżej dopuszczalnej wartości, a przydatność do spożycia – nie krótsza niż 4 dni, ze względu na konieczność dystrybucji produktów spożywczych [38]. Ryzyko związane z psuciem się żywności minimalnie przetworzonej jest wysokie, ponieważ jest ona narażona na niekorzystne oddziaływanie ze strony czynników biologicznych, chemicznych i fizycznych. Wykluczenie metod wysokotemperaturowych podczas utrwalania powoduje jedynie zmniejszenie liczby drobnoustrojów i ograniczenie ryzyka ich wzrostu, a nie zupełną ich eliminację [5, 39].

Zagrożenia mikrobiologiczne

Ryzyko związane z występowaniem zanieczyszczeń mikrobiologicznych w żywności minimalnie przetworzonej jest dużo większe aniżeli w produktach wysoko przetworzonych. Mięso porcjowane, mleko fermentowane, napoje mleczne, ryby, owoce i warzywa, tworzące gamę produktów niskopretworzonych, mogą być zanieczyszczone bakteriami, drożdżami, pleśniami czy wirusami, które powodują nie tylko niekorzystne zmiany w samym produkcie, ale są także bezpośrednim zagrożeniem dla zdrowia i życia konsumenta. Przez wiele lat główną przyczyną zatruć pokarmowych były bakterie z rodzaju: *Salmonella*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Escherichia* i *Pseudomonas*. Obecnie szczególną uwagę zwraca się na nowe czynniki chorobotwórcze, do których należą bakterie z rodzaju: *Listeria*, *Yersinia* i *Campylobacter* [5, 35, 38, 40].

Bakterie rodzaju *Listeria* występują w różnorodnych produktach żywnościowych, a szczególnie zasobnym ich źródłem jest żywność o niskim stopniu przetworzenia. Surowcami pochodzenia roślinnego szczególnie narażonymi na zanieczyszczenie tymi bakteriami są: sałata, szpinak, kapusta, kalafior, seler i brokuł oraz wszelkie surówki i sałatki pakowane w modyfikowanej atmosferze. Omawiane bakterie są bowiem mikroorganizmami mikroaerofilnymi, dla których 5 - 10-procentowa zawartość ditlenku węgla zwiększa intensywność ich namnażania [4, 26]. *L. monocytogenes* należą do bakterii psychrotrofowych, które są w stanie rozwijać się w szerokim przedziale temperaturowym: od -1 do 45 °C. Przechowywanie chłodnicze nie hamuje ich wzrostu, a jedynie wydłuża czas generacji. Poza odpornością na zmiany temperaturowe drobnoustroje te przeżywają w produktach o aktywności wody wynoszącej 0,90, a także tolerują wysokie stężenia chlorku sodu. Wytrzymują również szereg zabiegów technologicznych, jak: zamrażanie, krótkotrwałą pasteryzację oraz długotrwałe wysuszanie. Rosną zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych. Ewentualność zanieczyszczenia żywności bakteriami *Listeria* jest więc bardzo duża [4, 26, 38]. *L. monocytogenes* są wewnątrzkomórkowymi patogenami zdolnymi do infekowania wielu typów komórek. Wywoływana przez nie choroba to listerioza, zaliczana do chorób bakteryjnych przenoszonych drogą pokarmową [37]. Pomimo że na infekcje wywołane tymi drobnoustrojami narażona może być duża część populacji, to listerioza występuje stosunkowo rzadko. Rocznie na milion mieszkańców odnotowuje się od 4 do 7 przypadków listeriozy. Choroba ta ma jednak najwyższy współczynnik śmiertelności w grupie pokarmowych chorób bakteryjnych. Wynosi ona 20 % u osób dorosłych, a w przypadku noworodków przekracza nawet 50 % [37].

Yersinia to rodzaj bakterii Gram-ujemnych, należących do rodziny *Enterobacteriaceae*. Gatunkiem tego rodzaju, najpowszechniej występującym w żywności, jest *Yersinia enterocolitica*. Obejmuje on przede wszystkim szczepy saprofityczne, ale znane są także szczepy chorobotwórcze, powodujące zakażenia pokarmowe, zwane jersiniozą. Jersinioza to odzwierzęca choroba zakaźna, wywołująca ostre lub przewlekłe dolegliwości przewodu pokarmowego. Wspomniany gatunek bakterii wykazuje cechy psychrotrofowe, rozwija się bowiem, podobnie jak *L. monocytogenes*, w temp. od -2 do 45 °C. Jest także odporny na długotrwałe chłodnicze przechowywanie oraz pakowanie w modyfikowanej atmosferze, ponieważ jest w stanie przeżyć wysokie stężenia CO₂, a całkowita inaktywacja następuje dopiero w 100 % tego gazu [19]. Najczęstszą przyczyną zachorowań jest spożycie surowego mleka, produktów mięsnych, warzyw i skorupiaków. Zatrucia bakteriami *Y. enterocolitica* występują zdecydowanie rzadziej aniżeli zakażenia powodowane przez inne bakterie [25].

Najczęściej odnotowywaną przyczyną zakażeń pokarmowych w krajach wysoko rozwiniętych, takich jak: USA, Wielka Brytania, Francja, Norwegia, Dania czy Szwecja, są bakterie z rodzaju *Campylobacter*. W Stanach Zjednoczonych liczba kampylo-

bakterioz wynosi rocznie 2,4 mln. Bakteria ta, w odróżnieniu od wcześniej omawianych patogenów jelitowych, należy do mikroorganizmów bardzo wrażliwych na działanie czynników środowiskowych. Ludzie zakażają się najczęściej *Cambylobacter jejuni* przez zanieczyszczoną wodę lub żywność: głównie mleko i niewłaściwie przygotowany drób. Aby skutecznie wyeliminować omawiane mikroorganizmy z pożywienia, należy pamiętać o właściwej obróbce termicznej produktów spożywczych oraz o przestrzeganiu podstawowych zasad higieny [9].

Poza bakteriami, które zanieczyszczają produkty spożywcze, w żywności minimalnie przetworzonej identyfikuje się także grzyby pleśniowe. Niekorzystne oddziaływanie pleśni wynika ze strat, jakie powstają na skutek ich rozwoju na produktach spożywczych. Powodują one rozkład białek, tłuszczów, witamin i składników mineralnych. Na rozwój grzybów strzępkowych szczególnie narażone są warzywa i owoce o minimalnym stopniu przetworzenia. Pleśnie, poza niekorzystnymi zmianami w samym produkcie, są także szczególnie niebezpieczne dla człowieka. Wywołują alergię, a ich wtórne metabolity – mikotoksyny, mogą być przyczyną ostrego zatrucia [30].

Ryzyko zanieczyszczenia mikrobiologicznego produktów minimalnie przetworzonych jest bardzo duże. Istnieje szereg drobnoustrojów zdolnych do rozwoju w różnych warunkach, w tym także w czasie chłodniczego przechowywania. Podczas procesów utrwalania należy więc korzystać z takich rozwiązań, które będą w stanie skutecznie eliminować bakterie, wirusy i grzyby.

Nowoczesne metody utrwalania żywności skutecznym narzędziem eliminacji zagrożeń w żywności minimalnie przetworzonej

Do nowoczesnych metod utrwalania, które można wykorzystać podczas produkcji żywności o niskim stopniu przetworzenia, należą: ultradźwięki, techniki wysokich ciśnień, utrwalanie radiacyjne, techniki z wykorzystaniem pulsacyjnego pola elektrycznego oraz pakowanie w modyfikowanej atmosferze.

Fale akustyczne o częstotliwości powyżej 20 kHz, czyli tzw. ultradźwięki (sonifikacja ultradźwiękowa), mają w przemyśle spożywczym coraz większe zastosowanie. Wykorzystuje się je m.in. do rozdrabniania cząstek fazy rozproszonej emulsji i zawiesin na przykład w przetwórstwie mleczarskim oraz w procesach przetwarzania i utrwalania żywności [15]. W technologii żywności wykorzystuje się przede wszystkim fale ultradźwiękowe o wysokiej mocy i małej częstotliwości od 20 do 100 kHz, w celu wywołania efektu kawitacji, który wpływa na biochemiczne i fizykochemiczne właściwości produktu, a w szczególności na dezintegrację struktur komórkowych [18]. Niszczenie ścian i błon komórkowych przyczynia się do inaktywacji mikroorganizmów, ale bardzo często powoduje także łatwiejsze uwalnianie zawartości komórki do środowiska. Z tego też względu technika ta nie nadaje się do utrwalania surowców

pochodzenia roślinnego. Może jednak być skuteczna w procesach utrwalania mięsa, mleka, soków i sosów. Szczególnie dobre efekty niszczenia drobnoustrojów uzyskuje się z połączenia sonifikacji ultradźwiękowej z odpowiednio dobranym, wysokim ciśnieniem (manosonifikacją) [15, 27, 37].

Zastosowanie wysokich ciśnień to niekonwencjonalna metoda utrwalania żywności, polegająca na nietermicznym niszczeniu mikroorganizmów za pomocą wysokiego ciśnienia hydrostatycznego, określanego jako UHP (*Ultra High Pressure*), bądź HHP (*High Hydrostatic Pressure*) [34]. Zasada metody wysokociśnieniowego utrwalania żywności polega na umieszczeniu produktu spożywczego w komorze ciśnieniowej, w której jest on poddawany ciśnieniu hydrostatycznemu rzędu od 100 do 1000 MPa przez kilka minut [27]. Wolną przestrzeń w komorze wypełnia się cieczą, która przenosi ciśnienie bezpośrednio na produkt. W ten sposób dochodzi do zmniejszenia odległości między cząsteczkami i zachodzącymi między nimi interakcjami. Pod wpływem ciśnienia zmniejsza się objętość molowa produktu, co jest procesem odwracalnym. Wysokie ciśnienie oddziałuje na duże cząstki tj. białka, enzymy i polisacharydy, ponieważ ich objętość molowa łatwiej maleje. Cząstki mniejsze natomiast, tj. witaminy, aminokwasy czy substancje smakowe zostają nienaruszone. W ten sposób powstaje sterylny produkt bez konieczności wykorzystania wysokich temperatur, promieniowania czy użycia środków konserwujących. Poza unieszkodliwianiem zagrożeń biologicznych, w wyniku utrwalania wysokociśnieniowego, może dochodzić także do inaktywacji enzymów. Nie obserwuje się natomiast powstawania substancji toksycznych, a ponadto produkt ma cechy świeżego surowca o tylko nieznacznie zmniejszonej wartości odżywczej [6, 11, 12, 28].

Utrwalanie radiacyjne żywności odbywa się za pomocą promieniowania jonizującego i zaliczane jest do „technologii dużych możliwości”, które stanowią alternatywę dla tradycyjnych, wysokotemperaturowych metod utrwalania. W żywności o niskim stopniu przetworzenia wykorzystywane są przede wszystkim średnie dawki (1 – 10 kGy) promieniowania [10, 13]. Zastosowanie ich powoduje znaczne ograniczenie liczby mikroorganizmów, przyspiesza obumieranie pozostałych przy życiu komórek oraz hamuje proces rozmnażania. Średnie dawki zmniejszają albo całkowicie eliminują ryzyko zatrucia pokarmowych, wywołanych patogenami: *Salmonellą* i *Staphylococcus*, a także przyczyniają się do zmniejszenia produkcji toksyn. Poza skuteczną eliminacją mikroorganizmów, utrwalanie radiacyjne może przedłużać trwałość żywności poprzez zahamowanie procesów kiełkowania oraz spowolnienie dojrzewania. W niektórych produktach możliwa jest także eliminacja pozostałości substancji chemicznych oraz unieszkodliwianie szkodników płodów rolnych. Zaletą utrwalania radiacyjnego jest to, że żywność może być napromieniana w opakowaniach, co skutecznie zapobiega jej wtórnemu zanieczyszczeniu. Zastosowanie odpowiednich opakowań pozwala ponadto napromieniać żywność w różnych warunkach, np. w niskiej temperaturze czy w mody-

fikowanej atmosferze [5, 6, 10, 13]. Żywność utrwalana radiacyjnie nie jest toksyczna ani radioaktywna. Faktem jest jednak, że wraz ze zwiększaniem dawki promieniowania dochodzi do intensyfikacji zmian niektórych składników odżywczych. Pod wpływem promieniowania jonizującego mogą tworzyć się wolne rodniki, dochodzi także do pewnych ubytków witamin i białek, szczególnie wrażliwych na napromienianie [6, 10, 13].

Pulsacyjne pole elektryczne (ang. *pulsed electric fields* – PEF) jest jedną z nowoczesnych metod nietermicznego utrwalania żywności, gwarantującą uzyskanie produktów o wyższej, w porównaniu z utrwalaniem termicznym, zawartości składników odżywczych i fitozwiązków [41]. Proces z wykorzystaniem pulsacyjnego pola elektrycznego polega na podaniu krótkich impulsów wysokiego napięcia (od 20 do 80 kV/cm) do materiału umieszczonego pomiędzy dwiema elektrodami. Prąd elektryczny o wysokim napięciu przepływa przez produkt zaledwie przez kilka mikro- lub milisekund. W ten sposób nie dochodzi do ogrzania żywności, ale następują lokalne zmiany struktury i zniszczenie błon komórkowych [27]. Utrwalanie żywności metodą PEF jest zdecydowanie lepszą technologią niż tradycyjna obróbka termiczna żywności, ponieważ gwarantuje zachowanie cech sensorycznych i fizycznych produktów, przy jednoczesnej inaktywacji zanieczyszczeń biologicznych. Nie do końca nadaje się jednak do utrwalania owoców i warzyw, ponieważ stres spowodowany chwilowymi zmianami w momencie osiągania potencjału membranowego może prowadzić do utraty turgoru i zwiększenia możliwości ekstrakcji z komórek wartościowych składników [27, 34, 39, 41].

Zainteresowanie konsumentów żywnością świeżą, jak najmniej przetworzoną, a równocześnie o długiej trwałości, sprzyja rozwojowi nowych technik pakowania żywności i sposobów jej przechowywania. Do najbardziej popularnych należą: pakowanie w warunkach podwyższonej czystości powietrza (CRT), pakowanie w modyfikowanej atmosferze (MAP) oraz przechowywanie w kontrolowanej atmosferze (CAS) [31].

CRT jest technologią najczęściej stosowaną w produkcji wymagającej wysokiej czystości tj. w optyce, biotechnologii, farmacji, elektronice, ale coraz częściej również w technologii spożywczej np. w mleczarstwie. Polega ona na zaprojektowaniu pomieszczenia o kontrolowanym stopniu zanieczyszczeń: kurzu, bakterii, pyłów, cząstek chemicznych. Pomieszczenia takie są specjalnie zaprojektowane, aby nie generowały dodatkowych zanieczyszczeń, wyposażone są w specjalne układy filtrów, wejście do nich poprzedza śluza powietrzna, a pracownicy wewnątrz zaopatrzeni są w specjalne ubrania ochronne. W przemyśle spożywczym wykorzystanie tej technologii może stanowić jeden z elementów Dobrej Praktyki Produkcyjnej, dodatkowo gwarantując eliminację wtórnych zanieczyszczeń żywności [1].

MAP polega na modyfikacji składu atmosfery znajdującej się wewnątrz opakowania poprzez wprowadzenie właściwie dobranej mieszaniny gazów. Najczęściej wykorzystywanymi gazami w omawianej technologii są: azot, tlen i ditlenek węgla. Azot jest gazem obojętnym, który nie wykazuje działania bakteriostatycznego. Tlen hamuje rozwój bakterii beztlenowych, ale sprzyja wzrostowi bakterii tlenowych. Poza tym odpowiedzialny jest za szereg niekorzystnych procesów zachodzących w żywności, jak: utlenianie, jęlczenie tłuszczów, dojrzewanie i starzenie się surowców pochodzenia roślinnego. Ditlenek węgla natomiast ma działanie bakteriostatyczne i spowalnia dojrzewanie niektórych produktów. MAP wykorzystuje te gazy w odpowiednich stężeniach, w zależności od rodzaju pakowanej żywności oraz przepuszczalności zastosowanego materiału [3, 14, 36]. Poza mieszaniną gazów, istotnymi w technice pakowania w MA są właściwości i rodzaj zastosowanego opakowania [21, 24]. Przemysł MAP ma coraz większy wybór materiałów opakowaniowych, ale nadal większość z nich wykonana jest z trwałych polimerów: polichlorku winylu, polietylenu etylu, polipropylenu i polietylenu [20, 36]. Odpowiednio dobrane opakowanie i skład atmosfery wpływają m.in. na: zmniejszenie transpiracji, intensywności oddychania oraz biosyntezy etylenu w tkance owoców i warzyw. Dodatkowo powoduje znaczne ograniczenie wzrostu mikroorganizmów tlenowych oraz Gram-ujemnych. Produkt zapakowany w modyfikowanej atmosferze jest także skutecznie chroniony przed niekorzystnym wpływem środowiska zewnętrznego, dzięki czemu jest dłużej świeży i bezpieczny dla konsumenta [31, 36].

CAS jest metodą zbliżoną do MAP, jednak poza zmianą składu powietrza (najczęściej $O_2 < 8\%$, $CO_2 > 1\%$) sposób ten wymaga również stałej i dokładnej kontroli poszczególnych składników atmosfery oraz korygowania jej w czasie – poprzez wprowadzenie świeżego powietrza lub azotu albo chemiczne usunięcie nadmiaru ditlenku węgla [14].

MAP nie zawsze może być stosowane. Kiedy nie jest to możliwe, alternatywą staje się wykorzystanie opakowań aktywnych (AP) czyli takich, które zmieniają warunki otoczenia żywności tak, aby umożliwić przedłużenie jej trwałości, zapewnienie bezpieczeństwa lub poprawę cech sensorycznych, zachowując przy tym optymalną jakość. AP stanowią liczną i zróżnicowaną grupę zarówno pod względem przeznaczenia, jak i wykorzystywanych w nich rozwiązań. Wśród nich wyróżnia się:

- opakowania zdolne do pochłaniania tlenu, wyposażone najczęściej w saszetki przepuszczające tlen, w których znajdują się pochłaniacze tlenu np. związki żelaza, siarki i boru, alkohole lub kwasy tłuszczowe,
- opakowania regulujące wilgotność, w których saszetki wypełnione są: żelem krzemionkowym, zeolitami, włóknami celulozy lub chlorkiem sodu,

Tabela 1. Warunki przechowywania wybranych owoców i warzyw w CA.

Table 1. Storage conditions of selected fruit and vegetables under CA.

Produkty Products	Warunki przechowywania w CA Storage Conditions under CA				Czas magazynowania [dni] Storage life [days]
	T [°C]	RH [%]	O ₂ [%]	CO ₂ [%]	
Czarna porzeczka Blackberry	0 - 5	90 - 95	1 - 3	1 - 5	3-6
Wiśnia / Sour cherry	0 - 5	90 - 95	3 - 10	10- 12	3-7
Kiwi / Kiwifruit	0 - 5	90 - 95	1 - 2	3 - 5	3 - 5 (miesiące / months)
Brzoskwinia / Peach	0 - 5	90 - 95	1 - 2	3 - 5	14 - 28
Śliwka / Plum	0 - 3	90 - 95	1 - 2	0 - 5	14 - 35
Raspberry	0 - 5	90 - 95	5 - 10	15-20	3 - 6
Banan / Banana	10 - 15	85 - 90	2 - 5	2 - 5	7 - 28
Cytryna / Lemon	9 - 15	85 - 90	5 - 10	0 - 10	1 - 6 (miesiące / months)
Kabaczek / Cabbage	0 - 5	95 - 100	3 - 5	3 - 7	5 - 6 (miesiące / months)
Lettuce	0 - 5	98 - 100	2 - 5	0	14 - 21
Grzyby / Mushrooms	8	90	1 - 21	1 - 10	7 - 14
Cebula / Onion, dry	0 - 5	65 - 70	1 - 3	5 - 10	1 - 8 (miesiące / months)
Pomidor / Tomato	8 - 12	85 - 90	3 - 5	0 - 5	7 - 21

Źródło: / Source: [14]

- opakowania regulujące przepuszczalność gazów, wykonane z materiałów opakowaniowych, które zmieniają swoje właściwości barierowe wobec gazów w zależności od temperatury,
- opakowania pochłaniające etylen, wzbogacone w saszetki z materiału przepuszczającego etylen, wypełnione porowatymi materiałami, takimi jak glinki i wermikulity,
- opakowania antymikrobowe, które chronią zapakowaną żywność przed drobnoustrojami dzięki czynnikom chemicznym dodawanym do opakowań w formie pakietów. Najczęściej stosowanymi czynnikami antymikrobowymi są: kwasy organiczne i ich sole, siarczki, siarczyny i alkohole. Dopuszczalne jest także stosowanie gazów o charakterze bakteriostatycznym i bakteriobójczym, jak: ditlenki siarki, węgla lub chloru [7, 17, 23].

W technologii minimalnego przetwarzania, poza wspomnianymi nowoczesnymi metodami, stosuje się również metody tradycyjne związane z obniżaniem aktywności

wody produktu lub dodatkiem niewielkiej ilości związków chemicznych tj. kwasów organicznych i nieorganicznych, ekstraktów roślinnych, ziół i przypraw [35].

Podsumowanie

W technologii minimalnego przetwarzania istotą jest zastąpienie utrwalania wysokotemperaturowego inną, równie skuteczną metodą, która w znacznie mniejszym stopniu będzie powodowała ubytki składników odżywczych w produkcie. Otrzymanie żywności podobnej do surowców wyjściowych, ale o wydłużonej przydatności do spożycia nie jest proste pod względem technologicznym. Wymaga bowiem stosowania metod kombinowanych lub nowoczesnych metod utrwalania i całkowitego wyeliminowania wysokoenergetycznych sposobów przetwarzania żywności. Aby więc otrzymać bezpieczną żywność minimalnie przetworzoną, należy przestrzegać określonych zasad w całym łańcuchu produkcji. Należą do nich:

- wybór surowca o najlepszych właściwościach i optymalnej jakości,
- zachowanie łańcucha chłodniczego w całym procesie produkcji,
- przestrzeganie zasad Dobrej Praktyki Produkcyjnej (GMP), Dobrej Praktyki Higienicznej (GHP) oraz HACCP,
- dobór odpowiednich parametrów w procesie nietermicznego utrwalania żywności.

Spełnienie podanych wymagań pozwoli na skuteczną eliminację zagrożeń mikrobiologicznych i chemicznych w produkcie finalnym, gwarantując tym samym stabilność mikrobiologiczną produktów minimalnie przetworzonych oraz zachowanie ich wyjściowych cech sensorycznych.

Praca współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Literatura

- [1] Aires G.S.B., Walter E.H.M., Faria J.,A.,F., Roig S.M.: Restrictions to the use of clean rooms for packaging and pasteurized milk. *Int. J. Dairy Technol.*, 2010, **63** (2), 266-273.
- [2] Biegańska-Marecik R., Czapski J.: Porównanie przydatności odmian jabłek do produkcji plastrów o małym stopniu przetworzenia. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2003, **2** (2), 115-127.
- [3] Caleb O.J., Mahajan P.V., Al-Said F.A., Opara U.L.: Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the microbial consequences – A review. *Food Bioprocess. Technol.*, 2013, **6**, 303-329.

- [4] Carlin F., Nguyen-the C., Silva A.A.D., Cochet C.: Effects of carbon dioxide on the fate of *Listeria monocytogenes*, of aerobic bacteria and on the development of spoilage in minimally processed fresh endive. *Int. J. Food Microbiol.*, 1996, **32**, 159-172.
- [5] Czapski J., Limanówka-Jacygrad D.: Nietermiczne metody przedłużania trwałości żywności o małym stopniu przetworzenia. *Przem. Spoż.*, 1996, **3**, 27-30.
- [6] Czapski J.: Czy nowe znaczy bezpieczne? *Przem. Spoż.*, 2007, **4**, 12-15.
- [7] Czapski J.: Trendy w technologii aktywnych opakowań żywności ze szczególnym uwzględnieniem produktów owocowo-warzywnych. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2007, **10**, 36-38.
- [8] Czapski J.: Wpływ procesów przetwórczych na właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2007, **11**, 8-9.
- [9] Daczowska-Kozon E.: Jak przeciwdziałać obecności *Campylobacter* w żywności? *Przem. Spoż.*, 2002, **2**, 42-43.
- [10] Dzwolak W.: Radiacyjna obróbka żywności. *Przem. Spoż.*, 2010, **64** (4), 24-25.
- [11] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.: Perspektywy techniki wysokich ciśnień w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.*, 2006, **4**, 24-27.
- [12] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.: Zastosowanie techniki wysokich ciśnień w technologii żywności, a szczególnie w przetwórstwie mięsa. *Med. Weter.*, 2006, **62** (6), 637-640.
- [13] Janowicz M.: Wykorzystanie promieniowania jonizującego w technologii żywności. *Przem. Spoż.*, 2006, **4**, 30-37.
- [14] Kandasamy P., Monitra R., Mukherjee S.: Diffusion Channel System for Enhancing the Shelf Life of Fruits and Vegetables under Controlled/Modified Atmosphere. *Int. J. Biol.-Resource Stress. Manag.*, 2012, **3** (3), 394-403.
- [15] Kapturowska A., Stolarzewicz I., Chmielewska I., Białecka-Florjańczyk E.: Ultradźwięki – narzędzie do inaktywacji komórek oraz izolacji białek wewnątrzkomórkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **4** (77), 160-171.
- [16] Kowalska H.: Żywność minimalnie przetworzona-owoce i warzywa. *Przem. Spoż.*, 2006, **6**, 24-31.
- [17] Kozak W., Cierpiszewski R.: Opakowania aktywne. *Przem. Spoż.*: 2010, **64**, 54-57.
- [18] Kozłowska M., Górska A.: Możliwości zastosowania ultradźwięków w przetwórstwie mięsa. Część II. Wpływ ultradźwięków na proteolizę i ultrastrukturę mięśni, proces gotowania mięsa i inaktywację mikroflory. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 2007, **1**, 56-59.
- [19] Latiful Bari M., Anwar Hossain M., Isshiki K., Ukuku D.: Review article. Behavior of *Yersinia enterocolitica* in foods. *J. Pathog.*, 2011, **1**, 1-14.
- [20] Lin D., Zhao Y.: Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *CRFSFS*, 2007, **6**, 60-75.
- [21] Mangaraj S., Goswami T.K., Mahajan P.V.: Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. *Food Eng. Rev.*, 2009, **1**, 1-26.
- [22] Martins C.G., Behrens J.H., Destro M.T., Franco B.D.G.M., Vizeu D.M., Hutzler B., Landgraf M.: Gamma radiation in the reduction of *Salmonella* spp. inoculated on minimally processed watercress (*Nasturtium officinalis*). *Rad. Phys. Chem.*, 2004, **71**, 87-91.
- [23] Martyn A., Targoński Z.: Antymikrobiologiczne opakowania żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **5** (72), 33-44.
- [24] Mastromatteo M., Conte A., Del Nobile M.A.: Combined use of modified atmosphere packaging and natural compounds for food preservation. *Food Eng. Rev.*, 2010, **2**, 28-38.
- [25] Molska I.: Znaczenie bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w produktach spożywczych. *Przem. Spoż.*: 2007, **3**, 30-32.
- [26] Oliveira M.A., Ribeiro E.G.A., Bergamini A.M.M., Martinis E.C.P.: Quantification of *Listeria monocytogenes* in minimally processed leafy vegetables using a combined method based on enrichment and 16S rRNA real-time PCR. *Food Microbiol.*, 2010, **27**, 19-23.


- [27] Oszmiański J.: Nowe trendy w utrwalaniu soków owocowych i warzywnych. Ważenie-Dozowanie-Pakowanie, 2009, **4 (36)**, 44-47.
- [28] Pietrzak D.: Perspektywa stosowania wysokich ciśnień w produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **2 (69)**, 16-28.
- [29] Pietrzyk S.: Żywność minimalnie przetworzona. Laboratorium Przemysłowe, 2008, **11** 18-23.
- [30] Postupolski J., Rybińska K., Ledzion E., Kurpińska-Jaworska J., Szczęśna M., Karłowski K.: Mikotoksyny w żywności – zmiany w ustawodawstwie Unii Europejskiej. Przem. Spoż., 2010, **64**, 16-18.
- [31] Radziejewska-Kubzdela E., Biegańska-Marecik R.: Pakowanie mało przetworzonych owoców i warzyw w atmosferze modyfikowanej. Przem. Spoż., 2009, **6**, 30-33.
- [32] Radziejewska-Kubzdela E., Czapski J., Czaczyk K., Zielińska A.: Wpływ moczenia w wodzie utlenionej oraz pakowania w atmosferze modyfikowanej na przedłużenie trwałości selera korzeniowego mało przetworzonego. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., **2003**, **2 (2)**, 129-137.
- [33] Ragaert P., Devlieghere F., Debevere J.: Review. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. Postharves Biol. Technol., 2007, **44**, 185-194.
- [34] Ramaswamy H.S., Chen C., Marcotte M.: Novel processing technologies for food preservation. In: Processing Fruits: science and technology. Barrett D.M. Somogyi L.P. Ramaswamy H. Boca Raton, CRC Press, FL, USA 2005, pp. 211-214.
- [35] Raybaudi-Massilia R., Mosqueda-Melgar J., Soliva-Fortuny R., Mart'in-Belloso O.: Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. CRFSFS, 2009, **8**, 157-180.
- [36] Rodriguez-Aguilera R., Oliveira J.C.: Review of design engineering methods and applications of active and modified atmosphere packaging systems. Food Eng. Rev., 2009, **1**, 66-83.
- [37] Sip A.: Bakterie *Listeria monocytogenes* – część I. Występowanie i źródła zanieczyszczeń żywności. Przem. Spoż., 2010, **64**, 40-43.
- [38] Szwejdka J., Czapski J.: Warzywa minimalnie przetworzone a skażenie mikrobiologiczne. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2007, **5**, 21-23.
- [39] Witrowa-Rajchert D.: Pulsacyjne pole elektryczne – zastosowanie w produkcji żywności projektowej. Przem. Spoż., 2012, **66**, 32-34.
- [40] Zielińska A., Czapski J.: Wpływ okresowego podwyższenia temperatury w czasie przechowywania na jakość mikrobiologiczną marchwi o małym stopniu przetworzenia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **1 (46) Supl.**, 235-245.
- [41] Zhao W., Tang Y., Lu L., Chen X., Li C. Review: Pulsed Electric Fields Processing of Protein – Based Food. Food Bioproc Technol, **1**, 1-12.

MICROBIOLOGICAL HAZARDS IN MINIMALLY PROCESSED FOODS AND EFFECTIVE METHODS TO ELIMINATE THEM

S u m m a r y

Minimally processed products are distinguished by a quality similar to that of original raw materials. However, they are much more vulnerable to the adverse effects of biological, chemical, and physical factors than the highly processed products. In order to improve their stability, new and effective methods of non-thermal preservation are sought. Among them, there are ultrasounds, high-pressure processing, membrane techniques, ionizing radiation, techniques utilizing pulsed electric field, packing under a modified atmosphere, and, also, reduction of water activity and physical-chemical methods. The properly se-

lected parameters of those processes assure the microbiological stability of low-processed products and the maintaining of their initial sensory attributes.

Key words: minimally processed foods, microbiological risks, new methods of food preservation 

ANNA DUDZIŃSKA, JACEK DOMAGAŁA, MONIKA WSZOŁEK

WPLYW WYSOKIEGO CIŚNIENIA HYDROSTATYCZNEGO NA PODSTAWOWE SKŁADNIKI MLEKA

Streszczenie

Degradacja składników żywności podczas obróbki termicznej powoduje, że poszukuje się nowych metod utrwalania produktów spożywczych. Alternatywą obróbki cieplnej może być zastosowanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego, które pozwala nie tylko na konserwację żywności i niszczenie szkodliwych mikroorganizmów, ale również może mieć istotny wpływ na kształtowanie tekstury, właściwości funkcjonalnych oraz cech sensorycznych produktu bez wywierania negatywnych skutków na jego składniki odżywcze.

Obróbka wysokociśnieniowa powoduje obniżenie temperatury zamarzania wody, będącej głównym komponentem mleka. Micele kazeinowe rozpadają się na mniejsze podjednostki, czemu towarzyszy wzrost liczby cząstek kazeinowych i fosforanu wapnia. Białka serwatkowe ulegają denaturacji, a następnie agregacji i interakcji z kazeiną. Przy umiarkowanie wysokim ciśnieniu (200 ÷ 300 MPa) zachodzi krystalizacja tłuszczu mlekowego. Laktoza nie ulega zmianom pod wpływem presuryzacji. Krystaliczny fosforan wapnia powstały na skutek obróbki termicznej po obróbce wysokociśnieniowej powraca do postaci rozpuszczonej.

Słowa kluczowe: woda, kazeina, białka serwatkowe, enzymy, tłuszcz mlekowy, presuryzacja

Wprowadzenie

Mleko, będące układem wieloskładnikowym i rozproszonym, zawiera tłuszcz w stanie zemulgowanym, koloidalne cząstki białka (micele kazeinowe), niezagregowane białka globularne (białka serwatkowe), koloidalny fosforan wapnia oraz znaczną ilość składników niskocząsteczkowych. Najczęściej stosowaną metodą utrwalania mleka jest jego obróbka termiczna – pasteryzacja lub sterylizacja. Skutecznie obniża ona poziom niepożądaną mikroflory, ale równocześnie powoduje cały szereg niekorzystnych zmian w składnikach i właściwościach mleka, takich jak: denaturacja białek

Mgr inż. A. Dudzińska, prof. dr hab. inż. J. Domagała, dr hab. inż. M. Wszolek, Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: rtdomaga@cyf-kr.edu.pl

serwatkowych, degradacja witamin, zubożenie mleka w wapń i fosfor, straty dostępnej lizyny i reakcje Maillarda. W efekcie obserwuje się pogorszenie naturalnego smaku, zapachu i barwy mleka. Następują także zmiany jego właściwości technologicznych, takie jak zmniejszenie zdolności krzepnięcia pod wpływem podpuszczki czy zdolności podstojowej mleka. Dlatego też poszukuje się alternatywnych nietermicznych metod utrwalania żywności, których celem byłoby zapewnienie bezpieczeństwa mikrobiologicznego produktu przy zachowaniu jego cech sensorycznych i wartości odżywczej. Jedną z technik spełniających powyższe założenia może być presuryzacja, czyli zastosowanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Technika ta, oprócz utrwalania żywności, umożliwia kształtowania tekstury, smaku oraz właściwości funkcjonalnych produktów. Wiele niekorzystnych przemian, jakie wywołuje w składnikach mleka tradycyjna obróbka termiczna, nie zachodzi podczas obróbki wysokim ciśnieniem [21, 43, 50, 54].

Obróbka wysokociśnieniowa, zwana również ciśnieniowaniem, presuryzacją lub paskalizacją, w literaturze anglojęzycznej znana pod skrótami UHP (ang. *Ultra High Pressure*), HHP (ang. *High Hydrostatic Pressure*) lub HPP (ang. *High Pressure Processing*) jest nowoczesną techniką utrwalania żywności, polegającą na poddaniu produktów spożywczych (płynnych lub stałych) działaniu ciśnienia od 100 do 900 MPa równomiernie w całej ich objętości [18].

Mimo że potencjał tej metody przetwarzania żywności znany był od końca XIX wieku [21], zainteresowanie nią wzrosło dopiero po 1970 r. ze względu na wcześniejszy brak odpowiednich urządzeń [9]. Pierwszy komercyjny produkt żywnościowy przetworzony technologią wysokociśnieniową został wprowadzony na japoński rynek w roku 1990 – był to dżem owocowy [17]. Obecnie produkty utrwalane tą techniką sprzedawane są w Japonii – soki owocowe, dżemy, sosy, ryż, ciasta i desery, w Hiszpanii – gotowana szynka plasterkowana, we Francji i Portugalii – sok jabłkowy i pomarańczowy, w USA – ostrygi, w Meksyku – guacamole. W Australii, Niemczech oraz Włoszech za pomocą wysokich ciśnień utrwalane są przetwory mięsne, m.in. żywność wygodna z mięsa drobiowego. Nie są natomiast dostępne w handlu produkty mleczarskie poddane obróbce wysokociśnieniowej [18, 31, 42, 53].

Wpływ wysokiego ciśnienia na podstawowe składniki mleka

Woda

Mleko zawiera przeciętnie około 87 % wody. Wysokie ciśnienie wywołuje w wodzie istotne zmiany, które mają bezpośredni lub pośredni wpływ na właściwości produktów żywnościowych. Do zmian tych zalicza się obniżenie temperatury zamarzania, zmniejszenie objętości oraz spadek pH.

Temperatura zamrażania wody przy ciśnieniu 1013 hPa wynosi 0 °C. Zastosowanie ciśnienia rzędu 50, 100 oraz 210 MPa powoduje obniżenie temperatury zamrażania odpowiednio do -4, -8 oraz -22 °C. Zjawisko to pozwala na przechowywanie żywności w temp. poniżej 0 °C bez tworzenia się kryształków lodu, szybkiego topnienia konwencjonalnie zamrożonej żywności, a także regulowania temperatury krystalizacji. Ponadto woda, która przy ciśnieniu atmosferycznym jest nieściśliwa, w 100 MPa ulega sprężeniu o około 4 %, a w 600 MPa – o 15 %. Umożliwia to zastosowanie izotermicznego ściskania, które w połączeniu z izobarycznym chłodzeniem, a następnie błyskawiczną dekompresją powoduje natychmiastową krystalizację wody. Utworzone wówczas bardzo małe kryształki lodu powodują jedynie niewielkie zniszczenia w składnikach żywności [20, 50].

Przy zastosowaniu obróbki na poziomie 1000 MPa wartość pH wody zmniejsza się o około jedną jednostkę, co tłumaczy się wzrostem jej dysocjacji. Może to mieć istotny wpływ na stabilność i właściwości produktów spożywczych, a także przeżywalność mikroorganizmów. Podobny spadek pH obserwuje się podczas ogrzewania wody od 25 do 100 °C [36].

Kazeina

Głównym białkiem mleka krowiego jest kazeina, fosfoproteid stanowiący około 2,5 % wszystkich składników mleka. Kazeina występuje w mleku w postaci kulistych, porowatych i silnie uwodnionych cząstek o średnicy od 50 do 250 nm zwanych micelami [22]. W badaniach wpływu wysokiego ciśnienia na mleko [47], przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego, zaobserwowano zmniejszenie rozmiarów miceli kazeinowych. W późniejszych badaniach wykorzystywano wiele różnorodnych metod, takich jak: granulometria laserowa (badanie uziarnienia), transmisyjna mikroskopia elektronowa (ang. *Transmission Electron Microscope* – TEM), spektroskopia korelacji fotonowej (ang. *Photon Correlation Spectroscopy* – PCS), a także turbidymetria. Udowodniono rozpad miceli na mniejsze cząstki przy zastosowaniu odpowiednio wysokiego ciśnienia, czemu towarzyszy wzrost liczby cząstek uwolnionych frakcji kazeinowych i fosforanu wapnia [30]. Po zastosowaniu spektroskopii korelacji fotonowej dowiedziono, że wielkość miceli kazeinowych pozostaje praktycznie niezmienną lub nieznacznie wzrasta (o około 9 %) przy obróbce do 200 MPa prowadzonej przez 15 ÷ 30 min w temp. 20 °C. Ciśnienie 250 MPa powoduje zwiększenie miceli o 25 %, natomiast wyższe ciśnienie, rzędu 300 ÷ 800 MPa, zmniejsza jej rozmiary o 50 % [23, 38]. Powyżej 300 MPa następuje redukcja średnicy miceli z 150 ÷ 200 nm w mleku niepoddanym obróbce do 40 nm w mleku poddanym działaniu wysokiego ciśnienia [15, 38]. Obróbka w 100 ÷ 150 MPa i 20 °C wywołuje wzrost objętości głównej populacji miceli i ogranicza ich dysocjację, która z kolei zachodzi przy 200 MPa. Intensywniejszy wzrost rozmiarów cząstek kazeiny przy 250 MPa związany

jest ze zjawiskiem agregacji uprzednio zdysocjowanych miceli. Przy jeszcze wyższych parametrach obróbki dominują cząstki o najmniejszych rozmiarach [46]. Poddawanie surowego mleka ciśnieniu 400 lub 600 MPa powoduje całkowite rozbitcie wszystkich dużych miceli na mniejsze fragmenty, co wykazano w analizie TEM [38].

Wpływ obróbki wysokociśnieniowej mleka na rozmiar miceli kazeinowych jest zależny od temperatury. Podczas gdy ciśnienie 200 MPa w temp. 20 °C nie ma istotnego wpływu na wielkość miceli, obróbka przy tym samym ciśnieniu, ale w 40 °C powoduje zwiększenie ich rozmiarów, a w 4 °C – zmniejszenie. Poddawanie mleka ciśnieniu 200 MPa w temp. 40 °C powoduje wyodrębnienie dwóch populacji miceli obserwowanych pod mikroskopem: jedne o średniej wielkości podobnej do tych, które uzyskano w próbkach poddanych działaniu ciśnienia w 4 lub 20 °C, drugie zaś znacznie większe, co ostatecznie powoduje wzrost średniej wielkości. Przy obróbce powyżej 450 MPa stwierdza się, niezależnie od temperatury, zmniejszenie rozmiarów miceli [1].

Wpływ obróbki prowadzonej w temp. 4 °C na zmniejszenie rozmiarów miceli związany jest prawdopodobnie z rozpuszczaniem koloidalnego fosforanu wapnia (ang. *colloidal calcium phosphate* – CCP), natomiast ich zwiększenie w 40 °C może być wynikiem interakcji pomiędzy fragmentami cząsteczek kazeiny i zdenaturowanymi na skutek ciśnienia białkami serwatkowymi [1, 6, 48]. Wywołane wysokim ciśnieniem interakcje białka serwatkowe – kazeina, analogiczne do tych spowodowanych przez obróbkę cieplną, mają znaczący wpływ na obserwowane zmiany w micelach kazeinowych mleka. Gdy mieszaniny κ -kazeiny i β -laktoglobuliny (β -lg) poddane są działaniu ciśnienia 400 MPa, obecność β -lg zmniejsza wrażliwość i dostępność κ -kazeiny, która następnie jest hydrolizowana przez chymozynę [41].

Rozpad miceli kazeinowych w mleku poddanym działaniu wysokiego ciśnienia zależy również od pH. Większy przyrost zawartości rozpuszczalnej kazeiny obserwuje się w mleku o pH 5,5 oraz 7,0 niż przy pH 6,7. W zakwaszonym środowisku obróbka wysokociśnieniowa powoduje intensywniejsze niszczenie koloidalnej struktury i w efekcie rozpuszczenie CCP. W przypadku mleka o odczynie bardziej alkalicznym, pomimo stabilizującego wpływu takiego pH na koloidalny fosforan wapnia, następuje zwiększenie odpychania elektrostatycznego [3].

Obróbka termiczna mleka przed presuryzacją wpływa na wywołane wysokim ciśnieniem zmiany w micelach. Działanie na mleko UHT ciśnieniem w zakresie 100 - 500 MPa powoduje zmniejszenie rozmiarów miceli kazeiny, ale w mniejszym stopniu niż ma to miejsce w mleku surowym. Sugeruje to, że micelle kazeinowe w mleku surowym są bardziej wrażliwe na ciśnienie niż wywołane obróbką cieplną kompleksy kazeiny i białek serwatkowych w mleku UHT. Zwiększenie średnicy miceli kazeinowych w mleku surowym poddanym działaniu wysokiego ciśnienia w temp. 40 °C nie jest obserwowane w mleku UHT [6, 48].

W przypadku mleka innych gatunków zwierząt obróbka wysokociśnieniowa również powoduje wzrost liczby cząstek uwolnionych frakcji kazeinowych w podobny sposób, jak ma to miejsce w mleku krowim [10, 32]. Międzygatunkowe różnice obserwuje się w kolejności dysocjacji poszczególnych frakcji białka. W mleku krowim porządek ten jest następujący: $\beta > \kappa > \alpha_{s1} > \alpha_{s2}$, natomiast w mleku kozim i owczym: $\kappa > \beta > \alpha_{s1} > \alpha_{s2}$. Kolejność dysocjacji zależy w dużej mierze od zawartości fosforanu seryny w kazeinie. Te frakcje, które poprzez dużą zawartość fosforanu seryny ściśle związane są z CCP dysocjują w mniejszym stopniu niż te, w których fosforanu seryny jest mniej. W mleku krowim większa dysocjacja silniej związanej z CCP β -kazeiny, w porównaniu z κ -kazeiną, może być uzależniona od tego, że część β -kazeiny nie jest usieciowana przez koloidalny fosforan wapnia w micelach kazeinowych [2].

Według Schradera i Buchheima [48] zmiany zachodzące w micelach kazeinowych podczas obróbki wysokociśnieniowej mleka wynikają z trzech procesów:

- 1) nieodwracalnego rozpadu CCP, wytrąconego podczas silnej obróbki termicznej mleka (np. sterylizacji UHT),
- 2) częściowego rozpuszczenia CCP, objawiającego się rozpadem miceli kazeinowych oraz agregatów kazeina – białka serwatkowe,
- 3) denaturacji białek serwatkowych, która w pewnym stopniu zależy od ciśnienia, temperatury i początkowej zawartości natywnych białek serwatkowych. Proces ten, przy odpowiednich parametrach, może zwiększać średnią wielkość miceli, ale nie może wystąpić w mleku poddanym silnej obróbce termicznej, w którym białka serwatki są już zdenaturowane.

Za rozpad miceli odpowiedzialne są również zmiany, jakie wysokie ciśnienie wywołuje w oddziaływaniach hydrofobowych, wodorowych oraz jonowych [49].

Białka serwatkowe

Głównymi frakcjami białek serwatkowych mleka krowiego są: β -laktoglobulina (β -lg), α -laktoalbumina (α -la), albumina serum i immunoglobuliny. W badaniach wpływu wysokiego ciśnienia na te frakcje białkowe wykazano, że ilość azotu niekazeinowego w serum uzyskanym po wirowaniu mleka zmniejsza się wraz ze wzrostem ciśnienia. Sugeruje to, że dochodzi tam do denaturacji białek serwatkowych, co oznaczono poprzez pomiar ich poziomu w rozpuszczalnej frakcji mleka o pH 4,6 [28, 33]. Dodatkowe badania wykazały, że α -la i β -lg, obecne w mleku, są bardziej wrażliwe na wywołaną wysokim ciśnieniem denaturację niż ma to miejsce w serwatce. Zdenaturowane białka serwatkowe poddane działaniu wysokiego ciśnienia w serum mleka pozbawionym kazeiny pozostają rozpuszczone, podczas gdy w ciśnieniowanym mleku mogą ulec wytrąceniu. Sugeruje to ich zdolność do wiązania się z micelami kazeinowymi [19, 23]. Stwierdzono, że zdenaturowana na skutek wysokociśnieniowej obróbki β -lg łączy się prawdopodobnie z κ -kazeiną [37, 41]. W rzeczywistości, znakowanie

immunologiczne β -lg wykazało punkty odpowiadające temu białku skupione bardzo blisko fragmentów miceli w mleku ciśnieniowanym [29, 51].

Stopień denaturacji białek serwatkowych zależy od wielu czynników, m.in. od ciśnienia, czasu i temperatury obróbki, a także pH oraz gatunku zwierzęcia, od którego pozyskano mleko. Poddanie surowego mleka działaniu ciśnienia do 100 MPa nie wywołuje denaturacji β -lg, natomiast zastosowanie wyższych ciśnień skutkuje już określonym zakresem denaturacji [31, 33, 51]. Obróbka prowadzona w temperaturze pokojowej przez 15 - 30 min przy 200 i 400 MPa powoduje powstanie odpowiednio: $14 \div 16$ % oraz $82 \div 90$ % zdenaturowanej β -lg [15, 23]. Powyżej 400 MPa zachodzi stosunkowo niewiele dalszych zmian w tej frakcji białka [51]. Synergistyczne działanie temperatury i ciśnienia na stopień denaturacji β -lg odnotowano po obróbce surowego mleka przy ciśnieniu 300 MPa w temp. $50 \div 60$ °C oraz przy ciśnieniu 400 MPa w temp. $40 \div 60$ °C. W obu przypadkach poziom denaturacji był podobny i wyniósł prawie 100 % [25, 31]. Podczas ciśnieniowania mleka w temp. 4 °C uzyskano mniejszy stopień denaturacji β -lg niż w temp. 20 °C [1]. Denaturacja β -lg wywołana obróbką wysokociśnieniową jest mniejsza, gdy mleko zakwaszone jest do pH 5,5 lub 6,0, natomiast wzrasta przy pH 7,0 w stosunku do mleka o pH 6,7. Większa intensywność procesu w środowisku zasadowym jest spowodowana wyższą w takich warunkach reaktywnością wolnych grup tiolowych (-SH) [3]. W mleku różnych gatunków zwierząt β -lg może charakteryzować się różną odpornością na działanie wysokiego ciśnienia. Powyżej 100 MPa zaobserwowano większy zakres denaturacji β -lg w mleku owczym i kozim niż krowim. Szybkość i zakres denaturacji β -lg wzrasta wraz z ciśnieniem w kolejności: mleko owcze > mleko kozie > mleko krowie. Podobną wrażliwość β -lg na denaturację obserwuje się w mleku wymienionych gatunków zwierząt podczas obróbki termicznej w temp. ponad 80 °C [7, 33]. Opisywane różnice mogą być spowodowane różnicami międzygatunkowymi w strukturze β -lg oraz w innych składnikach mleka.

W porównaniu z β -lg, α -la jest znacznie mniej wrażliwa na denaturację pod wpływem wysokiego ciśnienia. Całkowicie zachowuje ona swe właściwości podczas obróbki w temp. 25 °C aż do 400 MPa [33]. Według niektórych autorów α -la, obecna w mleku surowym [25, 31] oraz chudym pasteryzowanym [29], nie ulega denaturacji nawet przy ciśnieniu 500 MPa w temperaturze pokojowej. Zastosowanie ciśnienia 600 MPa przez 15 - 30 min powoduje w tej samej temperaturze już 15- \div 33-procentową denaturację tej frakcji białka [23, 29]. Obróbka prowadzona w temp. $50 \div 60$ °C, podobnie jak w przypadku β -lg, znacznie zwiększa stopień denaturacji α -la. Prawie 60 % tego białka denaturuje przy ciśnieniu 400 MPa w temp. 60 °C [25, 31]. W przypadku mleka owczego i koziego α -la wykazuje podobną odporność na działanie ciśnienia do 500 MPa jak w mleku krowim [7, 33]. Mniejsza wrażliwość α -la na działanie wysokiego ciśnienia w porównaniu z β -lg wynika prawdopodobnie z różnic

w strukturze drugorzędowej, liczbie wiązań disiarczkowych i położeniu jonów Ca^{2+} . W przeciwieństwie do α -la, w β -lg istnieje wolna grupa tiolowa, która odgrywa kluczową rolę w wywołanej obróbką wysokociśnieniową agregacji białek serwatkowych, zachodzącej na skutek reakcji wymiany tiol – disiarczek [13]. Może to prowadzić również do oligomeryzacji α -la [27]. W istocie, dodanie do mleka, przed przystąpieniem do obróbki, środka blokującego grupy tiolowe zapobiega denaturacji zarówno α -la, jak i β -lg. Podobnie, denaturacja β -lg, wywołana wysokociśnieniowym przetwarzaniem mleka, znacznie wzrasta przy zasadowym pH, a zmniejsza się w kwaśnym, ze względu na większą reaktywność grup tiolowych w środowisku alkalicznym [3, 23].

Niewiele jest dostępnych danych na temat wpływu wysokiego ciśnienia na denaturację innych białek serwatkowych. Albumina serum obecna w surowym mleku, podobnie jak α -la, nie ulega zmianom przy ciśnieniu do 400 MPa w temperaturze pokojowej [33], natomiast immunoglobulina mleka koziego jest odporna na ciśnienie do 300 MPa [7].

Enzymy

Inaktywacja rodzimych enzymów mleka na skutek presuryzacji wzbudza zainteresowanie ze względu na możliwość wykorzystania ich jako wskaźników intensywności obróbki wysokociśnieniowej, analogicznie do fosfatazy alkalicznej czy laktoperoksydazy, używanych do oceny skuteczności pasteryzacji mleka.

Fosfataza alkaliczna jest stosunkowo odporna na działanie wysokiego ciśnienia, gdyż nie ulega inaktywacji w surowym mleku po 60 min obróbki w 400 MPa i 20 °C [33]; 50-procentową inaktywację wywołuje 90-minutowa obróbka w 500 MPa lub 10-minutowa w 600 MPa, a 100-procentowa inaktywacja następuje po 8 min w 800 MPa [45]. Wysokociśnieniowe przetwarzanie mleka prowadzone w wyższych temperaturach zwiększa inaktywację fosfatazy alkalicznej [44]. Taki synergistyczny efekt zaobserwowali również Ludikhuyze i wsp. [34] w temp. pomiędzy 25 i 60 °C oraz przy ciśnieniu powyżej 300 MPa. Z kolei bardzo wyraźny efekt antagonistyczny wykazali oni w przypadku niskiego ciśnienia i wysokiej temperatury, podając, że zastosowanie ciśnienia do 200 MPa chroni enzym przed termiczną inaktywacją.

Laktoperoksydaza jest wyjątkowo odporna na działanie wysokiego ciśnienia. Ludikhuyze i wsp. [35] zaobserwowali, że nie ulega ona istotnej inaktywacji po trwającej 140 min obróbce w 700 MPa i temp. 20 ÷ 65 °C. Autorzy ci stwierdzili, że istnieje wyraźny efekt antagonistyczny pomiędzy wysoką temperaturą i ciśnieniem. W temp. 73 °C, w której następuje szybka termiczna inaktywacja laktoperoksydazy w warunkach atmosferycznych, zastosowanie ciśnienia do 700 MPa całkowicie zatrzymuje inaktywację enzymu. Według innych źródeł około 20 % laktoperoksydazy ulega inaktywacji po 30 min w 600 MPa i 25 ÷ 40 °C [44] oraz niecałe 50 % – po 4 h w 800 MPa i 40 ÷ 60 °C [45].

Enzymami bardziej wrażliwymi na obróbkę wysokociśnieniową są γ -glutamylotransferaza i izomeraza fosfoheksozowa. Pierwszy z nich ulega całkowitej inaktywacji po 30 min przetwarzania w 600 MPa i 20 °C, natomiast drugi – po 15 min w 500 MPa i 20 °C [45]. Rademacher i Hinrichs [44] zaobserwowali, że im bardziej dany enzym jest odporny na działanie wysokiej temperatury, tym bardziej jest on wrażliwy na działanie wysokiego ciśnienia. Dzieje się tak prawdopodobnie dlatego, że ciśnienie i temperatura wywierają przeciwny wpływ na tworzenie się i rozpad międzycząsteczkowych oddziaływań stabilizujących molekuły. Oddziaływania hydrofobowe są wzmacniane przez temperaturę i jednocześnie osłabiane przez ciśnienie, natomiast wiązania wodorowe są destabilizowane jedynie przez wysoką temperaturę [7].

Odporność enzymów mleka na działanie wysokiego ciśnienia w temp. 20 °C jest związana z ich trzecio- i czwartorzędową strukturą i przedstawia się w kolejności: izomeraza fosfoheksozowa < γ -glutamylotransferaza < fosfataza alkaliczna < laktope-
roksydaza [44].

W przypadku lipazy lipoproteinowej [40] oraz oksydazy ksantynowej [39] zastosowanie obróbki do 400 MPa w temp. odpowiednio: 3 i 25 °C nie wywołało zmian w ich aktywności.

Aktywność plazminy mleka, należącej do grupy proteaz, jest uzależniona od skomplikowanego systemu aktywatorów plazminogenu i inhibitorów plazminy o różnej odporności cieplnej, wykazujących również różną odporność na działanie wysokiego ciśnienia [31]. Garcia-Risco i wsp. [14] podają, że aktywność plazminy w mleku pozostaje niezmienną po obróbce w co najmniej 400 MPa i temp. 25 °C przez 30 min. Z kolei Huppertz i wsp. [24] zaobserwowali, że zabiegi prowadzone w 400 i 600 MPa w temp. 20 °C przez 30 min zmniejszają aktywności plazminy o odpowiednio: 30 i 75 %, natomiast podniesienie temp. do 60 °C powoduje po 15 min obróbki w 400 MPa inaktywację enzymu na poziomie 86,5 %. Doświadczenia prowadzone w buforze fosforanowym, w obecności lub przy braku kazeinianu sodu wykazały, że plazmina jest prawie całkowicie odporna na ciśnienie do 600 MPa [51]. W buforze również stwierdzono synergistyczne działanie wysokiej temperatury i ciśnienia na inaktywację enzymu, ale jedynie w zakresie 300 ÷ 600 MPa. Przy ciśnieniach powyżej 600 MPa zaobserwowano działanie antagonistyczne, co zostało przypisane zmianom w strukturach stabilizujących plazminę i plazminogen [4]. Inaktywacja plazminy w buforze przy ciśnieniu powyżej 400 MPa jest znacznie większa w obecności β -lg, co sugeruje, że frakcja białkowa destabilizuje enzym w warunkach wysokiego ciśnienia. W mleku natomiast, pod wpływem wysokiego ciśnienia, następuje agregacja β -lg i/lub interakcja β -lg z uszkodzoną kazeiną, co sprawia, że plazmina jest bardziej odporna na presuryzację niż w buforze zawierającym β -lg [51].

Tłuszcz mlekowy

Traktowanie mleka ciśnieniem od 100 do 500 MPa wywołuje także zmiany w średnicach kuleczek tłuszczowych. Ciśnieniowa obróbka termiczna w temp. 25 i 50 °C prowadzi do wzrostu liczby małych kuleczek o średnicy w zakresie 1 ÷ 2 μm, natomiast w temp. 4 °C tendencja jest odwrotna. Jednocześnie nie następuje uszkodzenie otoczek kuleczek tłuszczowych, dzięki czemu nie obserwuje się procesów lipolitycznych. Zmiany średnicy kuleczek mogą być spowodowane zjawiskiem ich dezintegracji bądź agregacji [16].

Badania nad zawartością wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) w mleku poddanym działaniu wysokiego ciśnienia wykazały, że ciśnienie w zakresie 100 ÷ 500 MPa stosowane w temp. 4, 25 i 50 °C nie wywołuje wzrostu ilości WKT. Co więcej, w temp. 50 °C obserwuje się zmniejszenie ich zawartości w stosunku do świeżego, nieogrzanego mleka. Zjawisko to jest bardzo korzystne dla uniknięcia niepożądanego smaku powstającego w mleku na skutek lipolitycznego jęlczenia [16].

Jak ujawniło badanie TEM, wysokociśnieniowa obróbka śmietanki w zakresie 100 ÷ 400 MPa wywołuje krystalizację tłuszczu mlekowego, a największy efekt uzyskano w 200 MPa. Nie wykazano żadnych różnic morfologicznych pomiędzy kuleczkami tłuszczu mlekowego powstałymi na skutek presuryzacji oraz konwencjonalnej krystalizacji przy ciśnieniu atmosferycznym [5].

Krystalizacja tłuszczu mlekowego pod wpływem obróbki wysokociśnieniowej jest spowodowana przesunięciem do wyższej wartości temperatury przemiany fazowej. Do 200 MPa temperatura krystalizacji i topnienia zwiększa się o odpowiednio: 16,3 °C i 15,5 °C/100 MPa, [11]. Powyżej 350 MPa intensywność krystalizacji jest znacznie ograniczona ze względu na mniej intensywny wzrost kryształów, spowodowany mniejszą ruchliwością cząsteczek tłuszczu [6].

Laktoza

Pod wpływem tradycyjnej obróbki termicznej laktoza obecna w mleku i w przetworach mlecznych może ulegać izomeryzacji do laktulozy, a następnie degradacji do kwasów i innych cukrów. Brak tych związków obserwuje się po obróbce w 100 ÷ 400 MPa prowadzonej przez 10 ÷ 60 min w temp. 25 °C. Sugeruje to, że w mleku poddanym działaniu wysokiego ciśnienia nie zachodzą reakcje Maillarda oraz izomeryzacja laktozy [33].

Składniki mineralne

Wapń, będący podstawowym makroelementem mleka, może występować w kilku formach [26]:

- wapń całkowity – całkowita zawartość wapnia w mleku,

- wapń koloidalny – wapń związany bezpośrednio z cząsteczkami kazeiny w przypadku braku fosforanów oraz wapń, który tworzy integralną część z koloidalnym fosforanem wapnia (CCP),
- wapń dyfundujący (wapń rozpuszczalny) – wapń obecny w fazie rozpuszczalnej w postaci wolnych jonów wapnia (Ca^{2+}) lub kompleksu utworzonego głównie przez cytrynian lub fosforan,
- wapń jonowy – jonowa forma wapnia (Ca^{2+}).

W przeprowadzonych dotychczas badaniach uzyskano różne, niekiedy sprzeczne wyniki odnośnie wpływu obróbki wysokociśnieniowej na stężenie jonów wapnia w mleku [10, 28, 32]. Większość badaczy uważa jednak, że poziom wapnia dyfundującego zwiększa się na skutek działania wysokiego ciśnienia. Wzrost taki zaobserwowano po obróbce mleka w 200 MPa [11]. Traktowanie pasteryzowanego mleka ciśnieniem 400 MPa również powoduje zwiększenie ilości wapnia dyfundującego, podczas gdy obróbka termiczna ma niewielki wpływ lub nawet redukuje jego poziom. Wydaje się zatem, że wysokie ciśnienie powoduje rozpad natywnego koloidalnego fosforanu wapnia (CCP) [6, 49]. Powstały na skutek obróbki termicznej krystaliczny fosforan wapnia pod wpływem działania wysokiego ciśnienia powraca do stanu rozpuszczalnego [50].

Zawartość rozpuszczalnego wapnia, magnezu i fosforu w mleku krowim i kozim zwiększa się na skutek obróbki w zakresie do 300 MPa, natomiast przy wyższych ciśnieniach (400 MPa) ilość poszczególnych pierwiastków zaczyna się zmniejszać. Z kolei podczas obróbki mleka owczego aż do ciśnienia 400 MPa wzrasta zawartość soli dyfuzyjnych [32]. Według innych badaczy, ciśnienie w zakresie 100 ÷ 500 MPa i temp. 20 oraz 45 °C nie ma większego wpływu na poziom koloidalnego wapnia i fosforu w mleku kozim. Tłumaczy się to faktem, że wysokie ciśnienie wywiera inne działanie na sole mineralne mleka, które przed analizą było przez jakiś czas przechowywane [30].

Inne związki

W przeciwieństwie do obróbki cieplnej, która oddziałuje zarówno na kowalencyjne, jak i niekowalencyjne wiązania, obróbka wysokociśnieniowa prowadzona w temperaturze pokojowej i umiarkowanej rozrywa jedynie stosunkowo słabe wiązania chemiczne (wiązania wodorowe, hydrofobowe, jonowe). Dlatego też małe cząsteczki, takie jak: witaminy, aminokwasy, cukry proste i związki smakowo-zapachowe, zostają zachowane [8]. Ciśnienie 400 MPa stosowane przez 30 min w temp. 25 °C nie wywołuje istotnych strat pod względem zawartości witamin B₁ i B₆ [52]. Garcia Risco i wsp. [15] stwierdzili, że zabiegi prowadzone przy 400 MPa przez 15 min w temp. 40 ÷ 60 °C zmniejszają aktywność proteolityczną, a w 25 ÷ 60 °C utrzymują lub poprawiają właściwości sensoryczne mleka. Sugeruje to, że odpowiednia kombinacja parametrów

obróbki może być wykorzystana do produkcji mleka o dobrych właściwościach sensorycznych ze zwiększoną trwałością.

Podsumowanie

Micelle kazeinowe zawierające duże ilości fosforanu wapnia zwiększają swoje rozmiary przy obróbce do 250 MPa na skutek agregacji i interakcji z β -laktoglobuliną, po czym zaczynają rozpadać się na podjednostki pod ciśnieniem powyżej 300 MPa. Przyczyną tego jest rozpuszczenie koloidalnego fosforanu wapnia oraz destabilizacja wiązań jonowych, wodorowych i hydrofobowych. W wyniku obróbki wysokociśnieniowej białka serwatkowe ulegają denaturacji w temperaturze otoczenia, a następnie – agregacji. Większa wrażliwość β -laktoglobuliny w stosunku do α -laktoalbuminy wynika z obecności grupy tiolowej i mniejszej liczby stabilizujących wiązań disiarczkowych. Zastosowanie umiarkowanie wysokiego ciśnienia (200 ÷ 300 MPa) znacznie przyspiesza krystalizację zemulgowanego tłuszczu mlecznego poprzez zwiększenie temperatury przemiany fazowej. Jednocześnie ilość WKT pozostaje niezmienną, co pozwala na uniknięcie lipolitycznego jęczenia. Laktoza nie ulega reakcjom Maillarda ani izomeryzacji. Ponadto powstały na skutek obróbki termicznej krystaliczny fosforan wapnia pod wpływem działania wysokiego ciśnienia powraca do stanu rozpuszczalnego. W dyfuzyjnej fazie mleka wzrasta zawartość wapnia, magnezu i fosforu przy ciśnieniu do 300 MPa.

Opisane zmiany powodowane przez wysokie ciśnienie w składnikach mleka, a przede wszystkim w strukturze białka, umożliwiają opracowania minimalnie przetworzonych produktów mleczarskich o korzystnych cechach sensorycznych, reologicznych i teksturalnych. Jednocześnie zmniejszenie aktywności lipolitycznej i proteolitycznej pozwala na zwiększenie trwałości mleka, a brak zmian w związkach niskocząsteczkowych – na zachowanie jego wartości odżywczej.

Literatura

- [1] Altuner E. M., Alpas H., Erdem Y. K., Bozoglu F.: Effect of high hydrostatic pressure on physico-chemical and biochemical properties of milk. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **222**, 392-396.
- [2] Aoki T., Yamada N., Kako Y.: Relationship between colloidal calcium phosphate cross-linkage and release of β -casein from bovine casein micelles on cooling. *Agr. Biol. Chem.*, 1990, **54**, 2287-2292.
- [3] Arias M., Lopez-Fandino R., Olano A.: Influence of pH on the effects of high pressure on milk proteins. *Milchwissenschaft*, 2000, **55**, 191-194.
- [4] Borda D., Indrawati, Smout C., Van Loey A., Hendrickx M.: High pressure thermal inactivation of a plasmin system. *J. Dairy Sci.*, 2004, **87**, 2351-2358.
- [5] Buchheim W., Abou El-Nour A. M.: Induction of milkfat crystallization in the emulsified state by high hydrostatic pressure. *Fett Wiss. Technol.*, 1992, **94**, 369-373.
- [6] Buchheim W., Schrader K., Morr C.V., Frede E., Schutt M.: Effects of high pressure on the protein, lipid and mineral phase of milk. In: Heat treatments and alternative methods. Special Issue No. 9602. International Dairy Federation, Brussels, Belgium, 1996, pp. 202-213.

- [7] Considine T., Patel H.A., Anema S.G., Singh H., Creamer L.K.: Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments - A Review. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 2007, **8**, 1-23.
- [8] Datta N., Deeth H. C.: High pressure processing. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox (Ed.). Academic Press, London, UK, 2003, pp. 1327-1333.
- [9] Datta N., Deeth H.C.: Heat treatment of milk non-thermal technologies: high pressure processing. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences 2nd ed.* J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney (Ed.). Academic Press, USA, 2011, pp. 732-737.
- [10] De la Fuente M.A., Olano A., Casal V., Juarez M.: Effects of high pressure and heat treatment on the mineral balance of goats' milk. *J. Dairy Res.*, 1999, **66**, 65-72.
- [11] Desobry-Banon S., Richard F., Hardy J.: Study of acid and rennet coagulation of high pressurized milk. *J. Dairy Sci.*, 1994, **77**, 3267-3274.
- [12] Frede E., Buchheim W.: The influence of high pressure upon the phase transition behaviour of milk-fat and milk-fat fractions. *Milchwissenschaft*, 2000, **55**, 683-686.
- [13] Funtenberger S., Dumay E.M., Cheftel J.C.: High pressure promotes β -lactoglobulin aggregation through SH/S-S interchange reactions. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 912-921.
- [14] Garcia-Risco M.R., Cortes E., Carrascosa A.V., Lopez-Fandino R.: Microbial changes in high-pressure-treated milk during refrigerated storage. *J. Food Protect.*, 1998, **61**, 735-737.
- [15] Garcia-Risco M.R., Recio I., Molina E., Lopez-Fandino R.: Plasmin activity in pressurized milk. *J. Dairy Sci.*, 2003, **86**, 728-734.
- [16] Gervilla R., Ferragut V., Guamis B.: High hydrostatic pressure effects on colour and milk-fat globule of ewe's milk. *J. Food Sci.*, 2001, **66** (6), 880-885.
- [17] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.: Perspektywy techniki wysokich ciśnień w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.*, 2006, **4**, 24-27.
- [18] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.: Zastosowanie techniki wysokich ciśnień w technologii żywności, a szczególnie w przetwórstwie mięsa. *Med. Weter.*, 2006, **62**, 637-640.
- [19] Hinrichs J., Rademacher B.: Kinetics of combined thermal and pressure-induced whey protein denaturation in bovine skim milk. *Int. Dairy J.*, 2005, **15**, 315-323.
- [20] Hinrichs J., Rademacher B., Kessler H.G.: Food processing of milk products with ultrahigh pressure. In: *Heat treatments and alternative methods. Special Issue No. 9602. International Dairy Federation*, Brussels, Belgium, 1996, pp. 185-201.
- [21] Hogan E., Kelly A.L., Sun D.-W.: High pressure processing of foods: An overview. In: *Emerging Technologies for Food Processing*. D.-W. Sun. Ed. Elsevier, London, UK, 2005, pp. 3-32.
- [22] Horne D.S.: Casein micelle structure and stability. In: *Milk proteins: From Expression to Food*. A. Thompson, M. Boland, H. Singh. Academic Press, USA, 2009, pp. 133-162.
- [23] Huppertz T., Fox P.F., Kelly A.L.: High pressure treatment of bovine milk: Effects of casein micelles and whey proteins. *J. Dairy Res.*, 2004, **71**, 97-106.
- [24] Huppertz T., Fox P.F., Kelly A.L.: Plasmin activity and proteolysis in high pressure-treated bovine milk. *Le Lait*, 2004, **84**, 297-304.
- [25] Huppertz T., Fox P.F., Kelly A.L.: Properties of casein micelles in high pressure-treated bovine milk. *Food Chem.*, 2004, **87**, 103-110.
- [26] Huppertz T., Kelly A.L., Fox P.F.: Effects of high pressure on constituents and properties of milk. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 561-572.
- [27] Jegouic M., Grinberg V.Y., Guingant A., Hartle T.: Baric oligomerization in α -lactalbumin/ β -lactoglobulin mixtures. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 19-22.
- [28] Johnston D.E., Austin B.A., Murphy R.J.: Effects of high hydrostatic pressure on milk. *Milchwissenschaft*, 1992, **47**, 760-763.
- [29] Lanciotti R., Vannini L., Pittia P., Guertzoni M.E.: Suitability of high-dynamic-pressure-treated milk for the production of yoghurt. *Food Microbiol.*, 2004, **21**, 753-760.

- [30] Law A.J.R., Leaver J., Felipe X., Ferragut V., Pla R., Guamis B.: Comparison of the effects of high pressure and thermal treatments on the casein micelles in goat's milk. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46** (7), 2523-2530.
- [31] Lopez-Fandino R.: High pressure-induced changes in milk proteins and possible applications in dairy technology. *Int. Dairy J.*, 2006, **16**, 1116-1131.
- [32] Lopez-Fandino R., De la Fuente M.A., Ramos M., Olano A.: Distribution of minerals and proteins between the soluble and colloidal phases of pressurized milks from different species. *J. Dairy Res.*, 1998, **65**, 69-78.
- [33] Lopez-Fandino R., Olano A.: Cheese-making properties of ovine and caprine milks submitted to high pressures. *Le Lait*, 1998, **78**, 341-350.
- [34] Ludikhuyze L., Claeys W., Hendrickx M.: Combined pressure-temperature inactivation of alkaline phosphatase in bovine milk: A kinetic study. *J. Food Sci.*, 2000, **65**, 155-160.
- [35] Ludikhuyze L., Claeys W., Hendrickx M.: Effect of temperature and/or pressure on lactoperoxidase activity in bovine milk and acid whey. *J. Dairy Res.*, 2001, **68**, 625-637.
- [36] Marshall W.L., Frank E.U.: Ion product of water substance, 0 - 1000 °C, 1 - 10000 bars. New international formulation and 1st background. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 1981, **10**, 295-304.
- [37] Nabhan M.A., Girardet J.-M., Campagna S., Gaillard J.-L., Le Roux Y.: Isolation and characterization of copolymers of β -lactoglobulin, α -lactalbumin, κ -casein, and α_{S1} -casein generated by pressurization and thermal treatment of raw milk. *J. Dairy Sci.*, 2004, **87**, 3614-3622.
- [38] Needs E.C., Stenning R.A., Gill A.L., Ferragut V., Rich G.T.: High-pressure treatment of milk: Effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation. *J. Dairy Res.*, 2000, **67**, 31-42.
- [39] Olsen K., Kristensen D., Rasmussen J.T., Skibsted L.H.: Comparison of the effect of high pressure and heat on the activity of bovine xanthine oxidase. *Milchwissenschaft*, 2004, **59**, 411-413.
- [40] Pandey P.K., Ramaswamy H.S.: Effect of high-pressure treatment of milk on lipase and γ -glutamyl transferase activity. *J. Food Biochem.*, 2004, **28**, 449-462.
- [41] Pandey P.K., Ramaswamy H.S., St-Gelais D.: Effect of high pressure processing on rennet coagulation properties of milk. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 2003, **4**, 245-256.
- [42] Pietrzak D.: Perspektywy stosowania wysokich ciśnień w produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **2** (69), 16-28.
- [43] Pietrzak D., Trejda E., Ziarno M.: Wpływ wysokiego ciśnienia na wybrane właściwości oraz trwałość kotlecików z mięsa drobiowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **1** (74), 68-78.
- [44] Rademacher B., Hinrichs J.: Effects of high pressure treatment on indigenous enzymes in bovine milk: Reaction kinetics, inactivation and potential application. *Int. Dairy J.*, 2006, **16**, 655-661.
- [45] Rademacher B., Pfeiffer B., Kessler H.G.: Inactivation of microorganisms and enzymes in pressure-treated raw milk. In: *High pressure food science, bioscience and chemistry*. N. S. Isaacs. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 1998, pp. 145-151.
- [46] Regnault S., Thiebaud M., Dumay E., Cheftel J.C.: Pressurisation of raw skim milk and of a dispersion of phosphocaseinate at 9 °C or 20 °C: Effects on casein micelle size distribution. *Int. Dairy J.*, 2004, **14**, 55-68.
- [47] Schmidt D.G., Buchheim W.: Elektronenmikroskopische untersuchung der feinstruktur von caseinmicellen in kuhmilch. *Milchwissenschaft*, 1970, **25**, 596-600.
- [48] Schrader K., Buchheim W.: High pressure effects on the colloidal calcium phosphate and the structural integrity of micellar casein in milk. II. Kinetics of the casein micelle disintegration and protein interactions in milk. *Kieler Milch. Forsch.*, 1998, **50**, 79-88.
- [49] Schrader K., Buchheim W., Morr C.V.: High pressure effects on the colloidal calcium phosphate and the structural integrity of micellar casein in milk. Part 1. High pressure dissolution of colloidal calcium phosphate in heated milk systems. *Nahrung*, 1997, **41**, 133-138.

- [50] Schwertfeger M., Buchheim W.: Application of ultra high pressure technology in food processing. *New Food*, 1999, 46-49.
- [51] Scollard P.G., Beresford T.P., Needs E.C., Murphy P.M., Kelly A.L.: Plasmin activity β -lactoglobulin denaturation and proteolysis in high pressure treated milk. *Int. Dairy J.*, 2000, **10**, 835-841.
- [52] Sierra I., Vidal Valverde C., Lopez Fandino R.: Effect of high pressure on the vitamin B₁ and B₆ content in milk. *Milchwissenschaft*, 2000, **55** (7), 365-367.
- [53] Trujillo A., Capellas M., Saldo J., Gervilla R., Guamis B.: Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 2002, **3**, 295-307.
- [54] Żyngiel W., Kolenda H.: Wpływ wysokiego ciśnienia na zawartość sacharydów w sokach z marchwi utrwalonych technologią HPP. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **4** (63), 149-162.

EFFECT OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE ON BASIC COMPONENTS OF MILK

S u m m a r y

Degradation of food ingredients during heat treatment sets off searches for new methods of food preservation. The use of high hydrostatic pressure can be an alternative to heat treatment. This method makes it possible to preserve food products and to destroy harmful micro-organisms; also, it can significantly impact the forming of textures, functional properties, and sensory qualities of a product with no negative effects on its nutrients.

High-pressure treatment causes the freezing point of water, a main component of milk, to decrease. Casein micelles disaggregate into smaller structures and this process is accompanied by the increase in the number of casein particles and calcium phosphate. Whey proteins become denatured and, then, they aggregate and interact with casein. At a moderately high pressure (200 ÷ 300 MPa), a process of milk fat crystallization takes place. Lactose does not change under the pressure. Crystalline calcium phosphate, formed as a result of the heat treatment, returns to the dissolved state after the high pressure treatment.

Key words: water, casein, whey proteins, enzymes, milk fat, pressurization ☒

MACIEJ NASTAJ, BARTOSZ SOŁOWIEJ, WALDEMAR GUSTAW

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE BEZ WYSOKOBIAŁKOWYCH OTRZYMANYCH Z RÓŻNYCH PREPARATÓW BIAŁEK SERWATKOWYCH

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku sacharozy i stężenia białka na właściwości fizykochemiczne napowietrzonych ciastek wysokobiałkowych (bez) otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych: izolatu (WPI) oraz koncentratu (WPC).

Z preparatów białkowych przygotowano roztwory o stężeniu białka: 15 i 20 % (m/v). Roztwory białek ubijano w zlewce o pojemności 2000 ml w łaźni wodnej o temp. 70 °C za pomocą miksera Philips Essence przez 10 min. Po uzyskaniu maksymalnej objętości piany do układów dodawano sacharozę w postaci cukru pudru, w ilości: 5, 10 i 15 %, w celu ich utrwalenia. Następnie próbki ubijano przez kolejne 5 min. Piany przygotowane w ten sposób przenoszono do aluminiowych foremek o średnicy 50 mm i wysokości 14 mm i utrwalano w temp. 130 °C przez 30 min.

Właściwości reologiczne pian przed utrwaleniem termicznym badano przy użyciu reometru oscylacyjnego HAAKE RS 300 (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy). Pomiarów granicy płynięcia dokonywano przy stałej prędkości ścinania wynoszącej 0,01 s⁻¹, z zastosowaniem modułu pomiarowego vane oraz układu dwóch płytek równoległych. Właściwości mechaniczne otrzymanych bez białkowych oznaczano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Określano twardość i kruchość, a w punktowym badaniu tekstury wyznaczano siłę potrzebną do dokonania 20-procentowej deformacji bez. Do pomiarów barwy bez białkowych w systemie CIE L*a*b* użyto urządzenia X-RiteColor® Premier 8200. Zmierzono parametry określające barwę, tj. L* – jasność oraz a* i b* – współrzędne punktu charakteryzujące barwę.

Przed utrwaleniem termicznym najlepszymi właściwościami reologicznymi cechowały się piany otrzymane z roztworów WPI, wykazując najwyższe wartości granicy płynięcia. Zwiększenie dodatku sacharozy spowodowało zmniejszenie wartości granicy płynięcia pian uzyskanych z preparatów WPI i WPC.

Właściwości mechaniczne bez białkowych były zależne od stężenia poszczególnych składników. Największą twardością cechowały się próbki sporządzone z WPI. W bezach z obu analizowanych preparatów, wzrost stężenia cukru spowodował zwiększenie twardości i zmniejszenie kruchości produktów.

Dr inż. M. Nastaj, dr inż. B. Sołowiej, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, dr hab. W. Gustaw, prof. nadzw., Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, Kontakt: mnasty@o2.pl

Stwierdzono przy tym zależność, że im większa była twardość, tym większa oporność na mechaniczne rozkruszanie. Największe wartości parametru L^* stwierdzono w bezach otrzymanych z WPI. Zarówno w bezach z WPI, jaki z WPC, zmniejszenie stężenia białka spowodowało zmniejszenie tej wartości. Większe stężenie cukru w badanych bezach spowodowało wzrost wartości parametrów barwy a^* i b^* , co oznacza, że analizowane próbki były bardziej zielone (mniej czerwone) i bardziej żółte (mniej niebieskie).

Słowa kluczowe: białka serwatkowe, piany, bezy, granica płynięcia, właściwości mechaniczne

Wprowadzenie

Białka są dość powszechnie używanymi składnikami funkcjonalnymi i służą do produkcji całej gamy produktów spożywczych. Szczególnie ich zdolność do pienienia przeważają nad innymi właściwościami funkcjonalnymi i zyskuje coraz większe zainteresowanie ze strony badaczy [27].

Pienienie jest procesem, który umożliwia wytwarzanie unikatowych struktur i tekstur produktów w technologii żywności [5]. Takim białkom, jak albumina jaja kurzego czy preparaty białek serwatkowych przypisuje się zdolność do tworzenia i stabilizacji pian spożywczych [3].

Piany są obecne w wielu produktach spożywczych, takich jak: ciasta, ciastka, nugaty, lody. Innym przykładem mogą być bezy i inne wyroby piekarnicze w formie stałej, do których produkcji piana jest wytwarzana jako etap procesu i w kolejnych fazach produkcyjnych poddawana dalszemu przetwarzaniu, zanim produkt finalny będzie gotowy do spożycia [20].

Proces napowietrzania żywności może również wpływać korzystnie na poprawę właściwości odżywczych produktu poprzez zmianę jego przyswajalności. Korzyść wynikająca z napowietrzania żywności ma głównie związek z jej teksturą. W przypadku produktów płynnych, typu lody i musy, zyskują one nowe cechy, jak gładkość czy płynność. Produkty stałe z kolei nabierają cech lekkości i kruchości. Napowietrzanie produktów prowadzi również do nadania atrakcyjnych cech wizualnych takim produktom, jak: chleb, czekolada, piwo i wino. Napowietrzone produkty cechują się większą żuwalnością, a obecność pęcherzyków powietrza zapewnia bardziej równomierny rozkład smaku w produkcie. Proces napowietrzania zmienia charakter reologiczny produktów poprzez umożliwienie przejścia płynnych składników w stałe, co przyczynia się do nadania produktom spożywczym atrakcyjnych kształtów np. bez [5, 18].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku sacharozy i stężenia białka na właściwości fizykochemiczne bez wysokobiałkowych otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych.

Material i metody badań

Do badań użyto izolatu białek serwatkowych (WPI) i koncentratu białek serwatkowych (WPC 80) (Milei GMBH, Leutkirch, Niemcy) oraz sacharozy w postaci cukru

podu. Z preparatów białkowych przygotowano 15- i 20-procentowe (m/v) roztwory. Preparaty rozpuszczano w wodzie destylowanej przy użyciu mieszadła magnetycznego Heidolph MR 3002S (Schwabach, Niemcy). Następnie roztwory przechowywano w chłodziarce w temp. 7 °C przez około 15 h w celu zapewnienia odpowiedniego uwodnienia białek i doprowadzenia układów do stanu równowagi. Przed wytwarzaniem pian roztwory doprowadzano do temp. 20 °C i ponownie mieszano mieszadłem magnetycznym przez 1 h. Roztwór białek ubijano w zlewce o pojemności 2000 ml w łaźni wodnej o temp. 70 °C za pomocą miksera Philips Essence przez 10 min. Po uzyskaniu maksymalnej objętości piany dodawano sacharozę w celu utrwalenia układów, w ilości 5, 10 i 15 % i ubijano przez kolejne 5 min. Następnie piany przenoszono do aluminiowych foremek o średnicy 50 mm i wysokości 14 mm i utrwalało termicznie w piekarniku w temp. 130 °C przez 30 min. Po wypieczeniu bezy białkowe były konfekcjonowane i poddawane dalszym analizom.

Właściwości reologiczne pian przed utrwaleniem termicznym badano w reometrze oscylacyjnym HAAKE RS 300 (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy). Pomiarów granicy płynięcia (τ_0) dokonywano przy stałej prędkości ścinania wynoszącej $0,01 \text{ s}^{-1}$ z zastosowaniem modułu pomiarowego vane oraz układu dwóch płytek równoległych. Każdą próbkę piany analizowano w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki rejestrowano komputerowo, wykorzystując program RheoWin Pro (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy).

Właściwości mechaniczne bez białkowych mierzono przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Oznaczano cechy mechaniczne: twardość i kruchość (próbniakiem cylindrycznym o średnicy 75 mm, z prędkością przesuwu głowicy 1 mm/s i 50-procentową deformacją) oraz w punktowym teście przebijania określano siłę potrzebną do dokonania 20-procentowej deformacji (próbniakiem cylindrycznym o średnicy 6 mm, z prędkością przesuwu głowicy 1 mm/s). Na każdej z analizowanych próbek wykonano 6 równoległych pomiarów. Uzyskane wyniki rejestrowano w programie Texture Expert 1.22.

Barwę bez białkowych mierzono w systemie CIE $L^*a^*b^*$ przy użyciu urządzenia X-RiteColor® Premier 8200 zaopatrzonego w filtr UV o długości 400 nm. Pomiarów wykonywano z zastosowaniem standardowego wzorca bieli. Określano L^* – jasność oraz a^* i b^* – współrzędne punktu charakteryzujące barwę. Uzyskane wyniki rejestrowano za pomocą oprogramowania X-RiteColor® Master. Na każdej próbce wykonano 10 równoległych pomiarów.

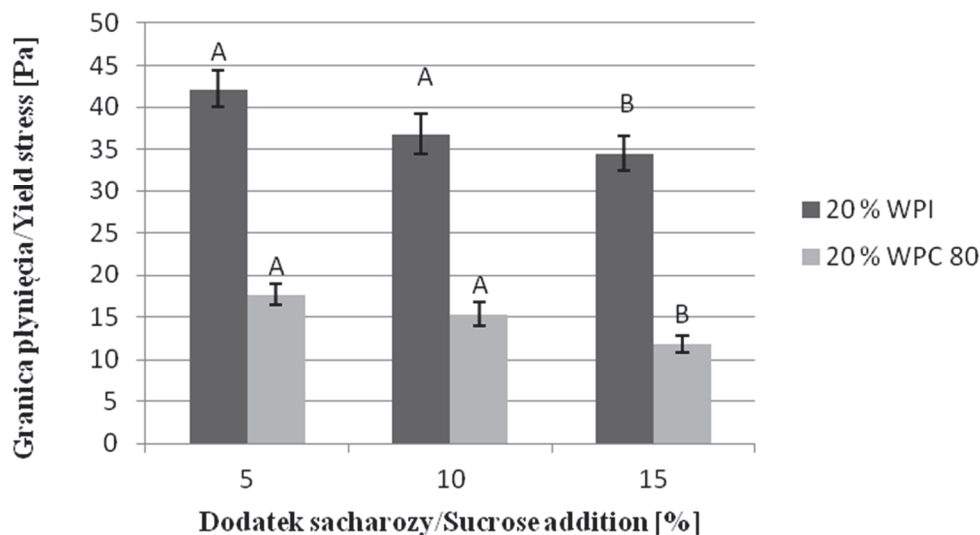
Uzyskane wyniki analizowano statystycznie przy użyciu oprogramowania Statistical Analysis System (SAS Enterprise Guide 3.0.3.414). Istotne różnice między wartościami średnimi weryfikowano metodą ANOVA z zastosowaniem analizy wariancji i testu Studenta-Newmana-Keulsa.

Wyniki i dyskusja

Na rys. 1. przedstawiono wartości granicy płynięcia (τ_0) pian otrzymanych z 20-procentowych roztworów badanych preparatów przed utrwaleniem termicznym. Największe wartości τ_0 stwierdzono w pianach uzyskanych z WPI o stężeniu 20 %, natomiast przy niższych (15 %) stężeniach (dane nie zamieszczone) wartości te ulegały zmniejszeniu. Wiąże się to prawdopodobnie ze zwiększaniem ilości powierzchniowo aktywnego materiału i większej ilości białkowych powłok międzyfazowych [20]. Mleko i wsp. [16] zwiększali stężenie białka i stwierdzili poprawę właściwości reologicznych pian albuminowych przeznaczonych do produkcji *angel food cake* (rodzaj ciasta biszkoptowego wytworzonego z udziałem samych białek), co było odzwierciedlone wyższymi wartościami modułu zachowawczego G' .

Inni badacze podkreślają również znaczenie czystości preparatu i obecności różnych składników dodanych do układu, np. cukrów [17]. Generalnie właściwości pianotwórcze białek ulegają zmianie, gdy są one obecne w mieszaninie z innymi składnikami niebiałkowymi. [26]. Na różnice w wartościach τ_0 wpływ może mieć różna zawartość laktozy obecnej w dyspersjach badanych preparatów. W przypadku koncentratu WPC 80 jest ona największa, z kolei roztwór izolatu białek serwatkowych WPI cechuje się najmniejszą zawartością tego cukru. Luck i wsp. [14] zaobserwowali, że wzrost zawartości laktozy w roztworze WPI prowadził do zmniejszenia wartości τ_0 uzyskanych pian.

Zwiększenie dodatku sacharozy w układzie spowodowało zmniejszenie wartości granicy płynięcia pian uzyskanych z obu badanych preparatów. Według Davisa i Foegedinga [6] dodatek sacharozy do roztworu WPI i spolimeryzowanego WPI powoduje obniżenie wartości τ_0 . Raikos i wsp. [22] stwierdzili, że wzrost stężenia sacharozy w roztworze albuminy powodował obniżenie wartości τ_0 , co można przypisać wzrostowi lepkości roztworu wywołanej dodatkiem sacharozy, która uniemożliwia wprowadzenie większej ilości powietrza do spienianego roztworu podczas ubijania. W obecności sacharozy dochodzi również do zmniejszenia fazy frakcji powietrznej w pianie w porównaniu z próbką wzorcową bez dodatku cukru. Według Lau i Dickinsona [13] dodatek cukru do napowietrzanego roztworu albuminy powoduje wzrost lepkości fazy ciągłej, co jest zjawiskiem niekorzystnym dla wprowadzania powietrza oraz gwałtownej dyfuzji i rozfałdowywania się białek w pobliżu granicy faz. Antipova i wsp. [2] stwierdzili, że adsorpcja białek globularnych zmniejsza się w obecności cukrów, prawdopodobnie z uwagi na tworzenie się wiązań wodorowych pomiędzy cząstkami białek i cukrami, co przyczynia się do obniżenia hydrofobowości białek globularnych i obniżenia ich aktywności powierzchniowej. Cząsteczki białek, które biorą udział w tworzeniu się wiązań wodorowych z cukrem mają tendencję do pozostawiania w fazie ciągłej i nie adsorbują się na granicy faz [22].



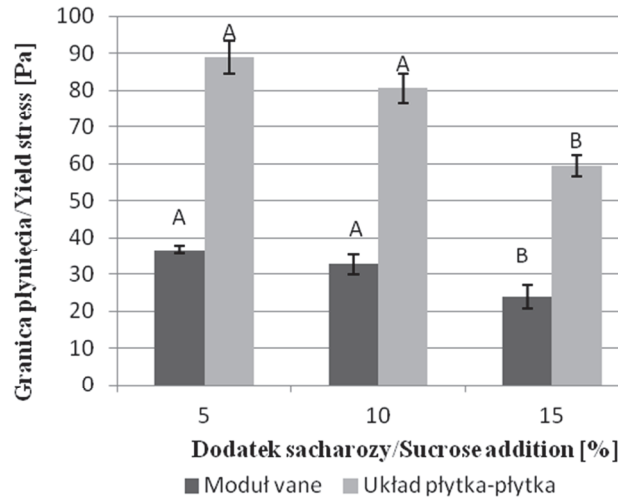
Objaśnienie: / Explanatory note:

różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami w przypadku tego samego preparatu białkowego są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters for the same protein preparation are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 1. Wpływ rodzaju preparatu oraz zróżnicowanego dodatku sacharozy na wartość granicy płynięcia pian uzyskanych z 20-procentowych roztworów białek przed utrwaleniem termicznym.

Fig. 1. Effect of whey protein preparation type and varying sugar addition on yield stress values of protein foams obtained from 20 % protein solutions prior to thermal treatment.

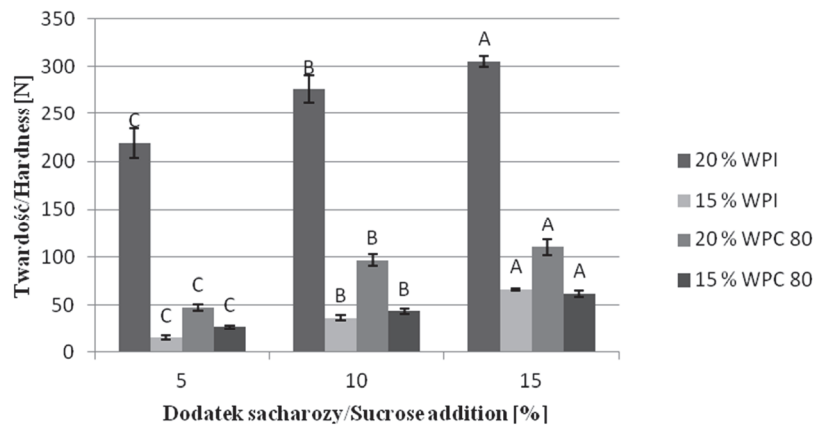
Po przeanalizowaniu wartości granicy płynięcia pian zmierzonych dwiema metodami (rys. 2) można zauważyć, że wszystkie próbki osiągnęły wyższe wartości τ_0 przy zastosowaniu metody w układzie płytek równoległych w porównaniu z modułem vane. Według Pernella i wsp. [21] metoda badania granicy płynięcia pian z użyciem modułu vane jest tą, w której piana zostaje swobodnie ułożona w cylindrze, zatem ściskanie próbki podczas pomiaru nie następuje. W przypadku metody płytek równoległych próbka piany jest intensywnie ściszana podczas pomiaru, co, być może, powoduje niszczenie jej struktury i wpływa na różnicę pomiędzy wartościami granicy płynięcia mierzonej tymi metodami. Możliwe jest, że zmiany we właściwościach reologicznych i granicy płynięcia pian odzwierciedlają czułość metody na procesy wywołujące niestabilność piany (odciek grawitacyjny, dysproporcjonowanie) mających charakter lokalny, które nie zostają stwierdzone przez zmianę właściwości roztworu.



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 2. Porównanie wartości granicy płynięcia pian otrzymanych z 15-procentowego roztworu WPI przed utwaleniem termicznym, zmierzonych za pomocą modułu vane i układu płytek równoległych.

Fig. 2. The comparison of yield stress values measured with vane tool and parallel plates method for the foams obtained from the 15 % protein before thermal treatment.

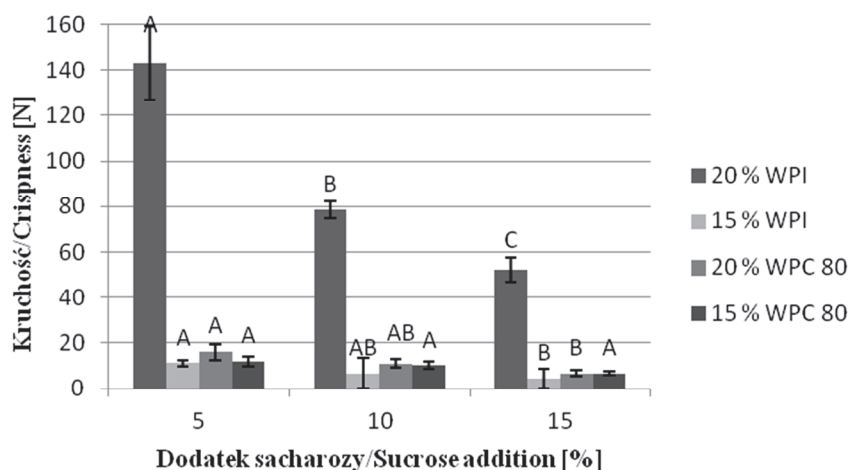


Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 3. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na twardość otrzymanych bez białkowych.

Fig. 3. Effect of type of whey protein preparation, its concentration and sucrose addition on hardness of protein meringues produced.

Na podstawie wyników badań właściwości mechanicznych bez białkowych stwierdzono, że twardość (rys. 3) i kruchość (rys. 4) badanych układów zależały od rodzaju preparatu, stężenia białka oraz ilości sacharozy. Największą twardością charakteryzowały się bezy wytworzone z roztworu WPI o 20-procentowej zawartości białka. Mniejszą twardością cechowały się bezy, do produkcji których użyto 20-procentowych roztworów WPC. Zastosowanie do produkcji bez 15-procentowych roztworów obu badanych preparatów (WPI i WPC 80) skutkowało znacznym zmniejszeniem twardości w porównaniu z układami zawierającymi 20 % białka. W przypadku analizowanych preparatów białkowych, bez względu na ich rodzaj i stężenie, wzrost dodatku sacharozy wpływał na zwiększenie twardości bez białkowych.



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 4. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na kruchość otrzymanych bez białkowych.

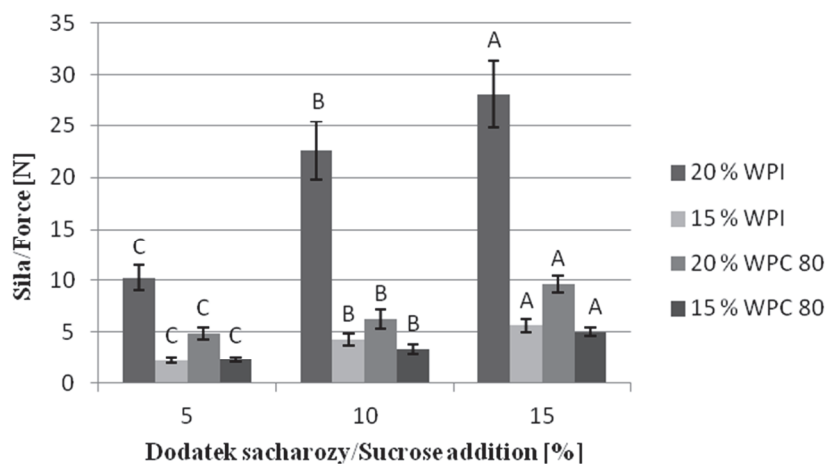
Fig. 4. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on crispness of protein meringues produced.

Największą odpornością na rozkruszanie (najmniejszą kruchością) charakteryzowały się bezy zawierające 20 % białka, wykonane z roztworu WPI. W przypadku bez wykonanych z 15-procentowego roztworu WPI oraz układów zawierających 15 i 20 % białka otrzymanych z roztworów WPC 80 stwierdzono znaczne wzrosty kruchości. Najmniejszą odpornością na rozkruszanie (największą kruchością) charakteryzowały się układy z 15-procentową zawartością białka wytworzone z roztworu WPI. W przypadku wszystkich analizowanych układów zwiększanie stosunku sacharozy do białka wpływało na modyfikacje kruchości badanych bez.

W literaturze często używa się terminu kruchość. Określenie to może być mylące, ponieważ większe wartości tej cechy oznaczają, że występuje większa wartość siły, przy której zaobserwowano wystąpienie pierwszego pikę na krzywej ściskania, co świadczy o większej odporności próbki na wystąpienie tej cechy, czyli kruchości. Można zakładać, że próbki o większej twardości były mniej elastyczne i siła ściskająca powodowała, że przy mniejszych jej wartościach pewne drobne fragmenty ich struktury ulegały zniszczeniu, co powodowało powstanie pikę. W przypadku próbek o mniejszej twardości, a większej elastyczności, podczas ściskania naprężenia ulegają szybciej relaksacji, nie powodując zniszczenia drobnych fragmentów struktury. Na podstawie przeprowadzonych badań właściwości mechanicznych bez białkowych stwierdzono następującą zależność: im większa była twardość bez, tym większą wykazywały odporność na rozkruszenie (mniejszą kruchość).

Podczas testu przebijania największą siłę potrzebną do przebicia powierzchni analizowanych bez białkowych zarejestrowano w odniesieniu do układów zawierających 20 % białka pochodzącego z WPI. Mniejszymi wartościami siły cechowały się układy zawierające 20 % białka, które wykonano z roztworu WPC 80. Najmniejsze wartości siły zarejestrowano w przypadku bez zawierających 15 % białka WPI, jak i WPC 80. Badane układy charakteryzowały się porównywalnymi wartościami siły. W przypadku wszystkich analizowanych bez białkowych, otrzymanych z roztworów WPI i WPC 80 stwierdzono, że wzrost dodatku sacharozy w układach powodował wzrost wartości siły potrzebnej do ich przebicia (rys. 5).

Pernell i wsp. [20] porównywali właściwości mechaniczne ciasta anielskiego (*angel food cake*) wykonanego ze sproszkowanej albuminy oraz WPI i stwierdzili, że tekstura próbek w dużym stopniu zależała od rodzaju zastosowanych białek. Ciasta wykonane z preparatu WPI cechowały się większą zdolnością do opadania podczas wypieku. Foegeding i wsp. [7] stwierdzili również, że właściwości mechaniczne bez białkowych są zależne od stosunku ilości cukru do białka oraz poziomu odwodnienia i obróbki termicznej podczas wypieku. McGee i wsp. [15] zaobserwowali, że ilość dodanego cukru miała istotny wpływ na końcowe parametry bez białkowych, jak: lekkość, twardość i stabilność. Według Labensky'ego i House'a [12] bezy miękkie zawierają mniej lub tyle samo cukru, co białka. Z kolei bezy twarde zawierają dwukrotnie więcej cukru niż białka. Terminy: beza twarda i miękka określają właściwości reologiczne pian i są używane jako wyznaczniki oceny jakości w technologii żywności [7]. Preparaty białek są składnikami, które determinują właściwości mechaniczne wielu produktów mleczarskich. Gustaw i wsp. [11] stwierdzili poprawę twardości jogurtów otrzymanych ze zwiększonym dodatkiem preparatów białek serwatkowych. Podobne tendencje zaobserwowali Sołowiej i wsp. [24] i Sołowiej [25] po przeanalizowaniu twardości analogów serów topionych oraz analogów wysokobiałkowych o obniżonej zawartości tłuszczu.



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 5. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na wartość siły penetracji otrzymanych bezbiałkowych.

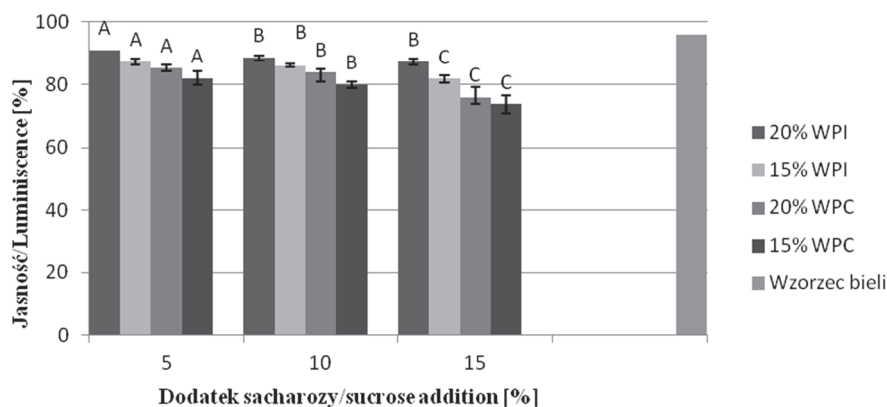
Fig. 5. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on penetration force value of protein meringues produced.

Allais i wsp. [1], po przebadaniu tekstury ciastek francuskich złożonych z białka jaja kurzego, mąki i cukru stwierdzili, że zmniejszenie zawartości białka w układzie powodowało zmniejszenie twardości ciastek podczas profilowej analizy tekstury. Gallagher i wsp. [9] uzyskali biszkopty o mniejszej twardości w przypadku zmniejszenia w nich udziału cukru i zastąpienia go słodzikami – raftylozą. Badacze określili korelację pomiędzy zawartością cukru w biszkoptych i teksturą produktu gotowego. Podobne zależności zostały zaobserwowane przez Olingera i Valesco [19], którzy również badali teksturę ciastek o zmniejszonej zawartości cukru, zastępowanego polioliami. Bullock i wsp. [4] analizowali wpływ zmniejszenia zawartości cukru na twardość ciastek i efekt zastąpienia cukru acesulfamem-K. W przypadku zastosowania acesulfamu-K twardość ciastek była mniejsza niż twardość próbki kontrolnej, zawierającej cukier. Według Frye'a i Setsera [8] zmniejszenie zawartości cukru w biszkoptych wpływało na ich strukturę i właściwości sensoryczne. Ronda i wsp. [23] stwierdzili, że biszkopty zawierające mniejszą ilość cukru, zastąpionego polialkoholami, cechowały się mniejszą twardością skórki od próbek kontrolnych powstałych z udziałem cukru. Według Gomeza i wsp. [10] dodatek karagenu, mączki chleba świętojańskiego czy pektyny istotnie wpływał na parametry tekstury uzyskanych produktów. Ciastka z dodatkiem tych hydrokoloidów charakteryzowały się większymi wartościami twardości w porównaniu z próbkami kontrolnymi, które nie zawierały tych dodatków. Dodatek spowodował również zmniejszenie ilości powietrza zatrzymanego w ich strukturze, co spowodowało wzrost ich gęstości i przełożyło się również na zwiększenie twardości [10].

Na podstawie przeprowadzonej analizy barwy można stwierdzić, że jasność L^* oraz parametry barwy a^* i b^* bez białkowych były zależne od rodzaju preparatu, stężenia białka oraz zawartości sacharozy w badanym układzie.

Największą jasnością (rys. 6) cechowały się układy wykonane z roztworów WPI. Bezy wykonane z roztworów WPC 80 charakteryzowały się mniejszą jasnością. W przypadku wszystkich analizowanych układów wytworzonych z WPI i WPC, zmniejszenie stężenia białka z 20 do 15 % powodowało zmniejszenie jasności analizowanych produktów. Zmniejszenie parametru L^* stwierdzono również w przypadku wszystkich analizowanych próbek wraz ze wzrostem udziału sacharozy. Najmniejszą jasnością charakteryzowały się bezy zawierające 15 % białka, uzyskane z roztworu WPC 80 z dodatkiem 15 % sacharozy.

W przypadku parametru barwy a^* (rys. 7) największymi wartościami cechowały się bezy o zawartości 15 i 20 % białka, otrzymane z roztworów WPI i WPC 80 z 15-procentowym dodatkiem sacharozy. Zmniejszanie dodatku sacharozy w analizowanych bezach powodowało zmniejszenie wartości parametru barwy a^* w przypadku wszystkich analizowanych produktów.



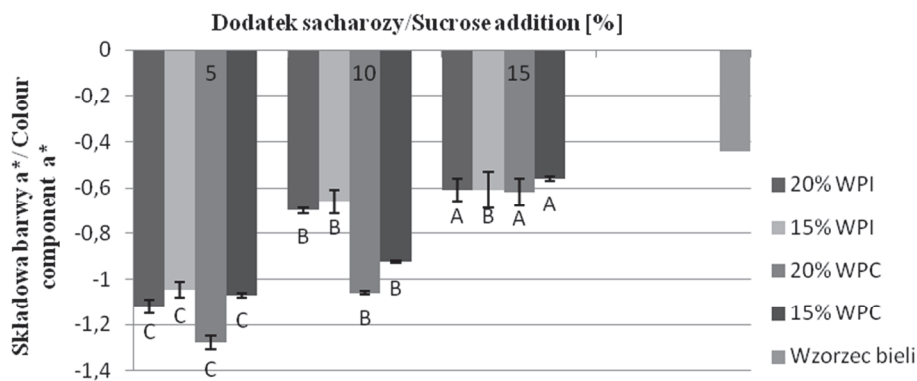
Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 6. Wpływ rodzaju preparatu białek serwatkowych, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na jasność bez białkowych.

Fig. 6. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on luminiscent of protein meringues produced.

Bezy zawierające 20 i 15 % białka, uzyskane z roztworów WPI i WPC 80, w których dodatek sacharozy wynosił 5 %, cechowały się najmniejszymi wartościami parametru a^* . We wszystkich analizowanych próbkach wzrost dodatku sacharozy prowadził do wzrostu wartości tego parametru. W praktyce oznacza to, że zwiększony udział

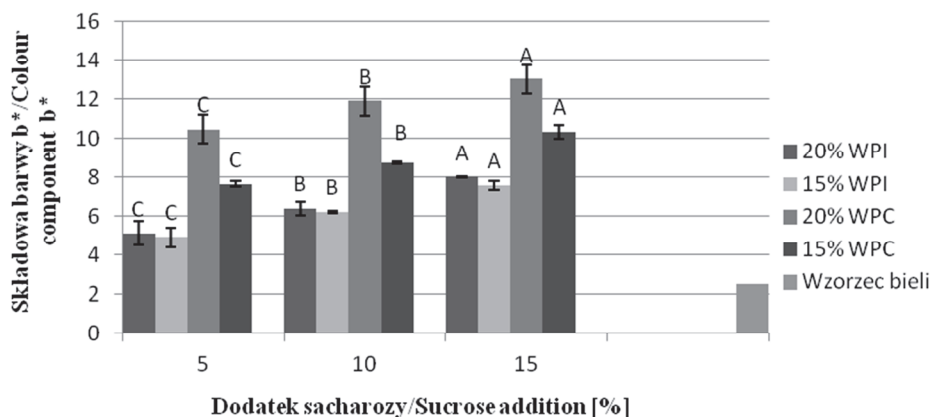
sacharozy powodował otrzymanie produktów o barwie bardziej zielonej (lub mniej czerwonej).



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 7. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na składową barwy a* otrzymanych bez białkowych.

Fig. 7. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on a* colour component of protein meringues produced.



Objaśnienie: / Explanatory note:

różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami dla tego samego preparatu białkowego są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters for the same protein preparation are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 8. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na składową barwy b* otrzymanych bez białkowych.

Fig. 8. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on b* colour component of protein meringues produced.

Analiza wartości parametru barwy b^* (rys. 8) dowiodła, że największymi wartościami cechowały się bezy otrzymane z preparatu WPC 80. Układy otrzymane z preparatu WPI charakteryzowały się mniejszymi wartościami parametru b^* . W przypadku bez uzyskanych z obu analizowanych preparatów białkowych, zmniejszenie stężenia białka w układzie z 20 do 15 % powodowało zmniejszenie wartości parametru b^* . W przypadku WPI zmniejszenie wartości parametru b^* nie było tak znaczne, jak w bezach otrzymanych z preparatu WPC 80. Zwiększanie dodatku sacharozy w bezach powodowało wzrost wartości parametru b^* w przypadku wszystkich analizowanych próbek bez białkowych. W praktyce oznacza to, że otrzymane bezy białkowe charakteryzowały się barwą bardziej żółtą (lub mniej niebieską).

Obserwowane różnice w parametrach barwy bez białkowych otrzymanych z WPI i WPC 80 mogą wynikać z różnicy w składzie pomiędzy badanymi preparatami. Mniejsze wartości jasności L^* oraz większe wartości parametru b^* (barwa bardziej żółta lub mniej niebieska), stwierdzone w przypadku bez białkowych otrzymanych z WPC 80 mogą wynikać z tego, że koncentrat białek serwatkowych WPC 80, w porównaniu z WPI, zawiera więcej laktozy. Ten cukier o charakterze redukującym bierze udział w reakcji Maillarda i może być istotnym determinantem wpływającym na parametry barwy badanych bez białkowych.

Ronda i wsp. [23] analizowali barwę biszkoptów wytworzonych z udziałem innych składników słodzących niż cukier. Biszkopty te były jaśniejsze od biszkoptów kontrolnych zawierających sacharozę, na co wskazywały wartości parametru L^* . Mniejsza jasność biszkoptów mogła być tłumaczona reakcją Maillarda. Allais i wsp. [1], którzy analizowali barwę francuskich ciastek złożonych z białka jaja kurzego, mąki i cukru stwierdzili, że wartości parametru barwy b^* ciastek były większe w przypadku zastosowania wyższych stężeń białek (ciastka były bardziej żółte lub mniej niebieskie). Ciastka o mniejszych stężeniach białek charakteryzowały się mniejszymi wartościami parametrów L^* i a^* . Stwierdzono zmniejszenie wartości L^* , a^* i b^* wraz ze zmniejszaniem stężenia białka w ciastkach z 20 do 15.

Otrzymane produkty mogą stanowić atrakcyjną przekąskę wysokobiałkową dla osób aktywnych. W przeciwieństwie do tradycyjnych odżywek białkowych nie wymagają żadnego przygotowania i wykazują długi okres przydatności do spożycia.

Wnioski

1. Rodzaj zastosowanego preparatu białkowego (WPI lub WPC 80), jego stężenie oraz ilość sacharozy w istotnym stopniu determinowały właściwości mechaniczne oraz parametry barwy bez białkowych. Znajomość wpływu poszczególnych składników pozwoli na sterowanie teksturą i barwą wyrobu gotowego.
2. W przypadku otrzymanych pian przed ich termicznym utwaleniem, zwiększenie zawartości białka i zmniejszony dodatek sacharozy w układach prowadził do po-

- prawy ich właściwości reologicznych, co objawiało się wzrostem wartości granicy płynięcia.
3. W przypadku obu preparatów zwiększenie dodatku sacharozy spowodowało wzrost twardości i zmniejszenie kruchości bez białkowych. Na podstawie właściwości mechanicznych stwierdzono następującą zależność: im większa twardość, tym większa odporność na rozkruszenie (mniejsza kruchość) analizowanych bez.
 4. Zaproponowana technologia otrzymywania bez wysokobiałkowych o obniżonej zawartości sacharozy może stanowić nowy produkt spożywczy, atrakcyjny dla osób aktywnych i sportowców ze zwiększonym zapotrzebowaniem na pełnowartościowe białko.

Literatura

- [1] Allais I., Edoura-Geana R.B., Defour E.: Characterization of lady finger batters and biscuits by spectroscopy – relation with density, color and texture. *J. Food Eng.*, 2006, **77**, 896-909.
- [2] Antipova A.S., Semenova M.G., Belyakova L.E.: Effect of sucrose on the thermodynamic properties of ovalbumin and sodium caseinate in bulk solution and at air-water interfaces. *Coll. Surf. B: Biointerfaces*, 1999, **12**, 261-270.
- [3] Berry K., Yang X., Foegeding A.: Foams prepared from whey protein isolate and egg white protein: 2. Changes associated with angel food cake functionality. *J. Food Sci.*, 2009, **74** (5), 269-277.
- [4] Bullock L.M., Handel A.P., Segall S., Wasserman P.A.: Replacement of simple sugars in cookie dough. *Food Technol.*, 1992, **46** (1), 82-86.
- [5] Campbell G.M., Mougeot E.: Creation and characterization of aerated food products. *Trends Food Sci. Technol.*, 1999, **10**, 283-296.
- [6] Davis J.P., Foegeding E.A.: Foaming and interfacial properties of polymerized whey protein isolate. *J. Food Sci.*, 2004, **69** (5), 404-410.
- [7] Foegeding E.A., Luck P.J., Davis J.P.: Factors determining the physical properties of protein foams. *Food Hydrocoll.*, 2006, **20**, 284-292.
- [8] Frye A.M., Setser C.S.: Optimising texture of reduced-calorie sponge cakes. *Cereal Chem.*, 1991, **69**, 338-343.
- [9] Gallagher E., O'Brien C.M., Scannell A.G.M., Arendt E.K.: Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. *J. Food Eng.*, 2003, **56**, 261-263.
- [10] Gomez M., Ronda F., Caballero P., Blanco C.A., Rosell C.M.: Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocoll.*, 2007, **21**, 167-173.
- [11] Gustaw W., Mleko S., Tomczyńska-Mleko M.: Effect of κ -carrageenan addition on whey protein concentrates gelation. *Milchwissenschaft*, 2009, **64** (3), 284-287.
- [12] Labensky S.R., Hause A.M.: *On cooking: A textbook of culinary fundamentals*. Upper Saddle River, 1999, NJ, USA.
- [13] Lau C.K., Dickinson E.: Instability and structural change in an aerated system containing egg albumen and invert sugar. *Food Hydrocoll.*, 2005, **19**, 111-121.
- [14] Luck P.J., Bray N., Foegeding E.A.: Factors determining yield stress and overrun of whey protein foams. *J. Food Sci.*, 2001, **69** (5), 1667-1861.
- [15] McGee H., Long S.R., Briggs W.R.: Why whip egg whites in copper bowls? *Nature*, 1984, **308**, 667-668.

- [16] Mleko S., Kristinsson H.G., Liang Y., Davenport M.P., Gustaw W., Tomczyńska-Mleko M.: Rheological properties of angel food cake made with pH unfolded and refolded egg albumen. *LWT*, 2010, **43**, 1461-1466.
- [17] Murray B.: S.: Stabilization of bubbles and foams. *Curr. Opin. Colloid. Interface Sci.*, 2007, **12**, 232-241.
- [18] Niranjana K.: An introduction to bubble mechanics in foods. *Bubbles in Food*. Eagan Press, St Paul, Minnesota, USA, 1999, pp. 75-82.
- [19] Olinger P.M., Valesco V.S.: Opportunities and advantages of sugar replacement. *CFW*, 1991, **41 (3)**, 110-117.
- [20] Pernell C.V., Luck P.J., Foegeding E.A., Daubert C.R.: Heat-induced changes in angel food cakes containing egg-white protein or whey protein isolate. *J. Food Sci.*, 2002, **67 (8)**, 2945-2951.
- [21] Pernell C.W., Foegeding E.A., Daubert C.R.: Measurement of the yield stress of protein foams by vane rheometry. *J. Food Sci.*, 2000, **65 (1)**, 110-114.
- [22] Raikos V., Campbell L., Euston R.S.: Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. *Food Res. Int.*, 2007, **40**, 347-355.
- [23] Ronda F., Gomez M., Blanco C.A., Caballero P.: Effects of polyols and non-digestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chem.*, 2005, **90**, 549-555.
- [24] Sołowiej B., Mleko S., Gustaw W., Udeh K.: Effect of whey protein concentrates on texture, meltability and microstructure of acid casein processed cheese analogs. *Milchwissenschaft*, 2010, **65 (2)**, 169-173.
- [25] Sołowiej B.: Textural, rheological and melting properties of acid casein reduced-fat processed cheese analogues. *Milchwissenschaft*, 2012, **67 (1)**, 9-13.
- [26] Thakur R.K., Vial Ch., Djelveh G.: Effect of pH of food emulsions on their continuous foaming using a mechanically agitated column. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2006, **7**, 203-210.
- [27] Yankov S., Panchev I.: Foaming properties of sugar-egg mixtures with milk protein concentrates. *Food Res. Int.*, 1996, **29**, 521-525.

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HIGH PROTEIN MERINGUES MADE FROM DIFFERENT WHEY PROTEIN PREPARATIONS

S u m m a r y

The objective of the paper was to determine the effect of sucrose and protein added on physicochemical properties of high protein cakes (meringues) made from different whey protein preparations: whey protein isolate (WPI) and whey protein concentrate (WPC).

Using protein preparations, solutions were prepared, their protein concentrations were 15 and 20 % (m/v). The protein solutions were whisked in a 2000 ml beaker, in a water bath at 70 °C using a kitchen mixer; the whisking time was 10 minutes. As soon as the volume of the foam produced reached its maximum, and in order to stiffen the systems, sucrose in the form of powdered sugar was added in the amounts of 5, 10, and 15 %. Next, the samples were whisked for 5 minutes. The foam produced in this way was scooped up and placed in 14 mm high aluminium foil baking pans of 50 mm diameter, and stiffened in an oven at 130 °C for 30 minutes.

Prior to thermal treatment, the rheological properties of the foams were analysed using a ThermoHaake RS 300 rheometer (ThermoHaake, Karlsruhe, Germany). The yield stress was measured at a constant shear rate of 0.01 s⁻¹ using a vane tool and a system of parallel plates. Mechanical properties of the protein meringues produced were determined by the use of a TA-XT2i texture analyser (Stable Micro

systems, Surrey, Great Britain). Their hardness and crispness were determined; based on a puncture analysis of the texture performed, determined was a force necessary to obtain a 20 % deformation of the meringues. An X-RiteColor® Premier 8200 was applied to analyse the colour of the protein meringues using a CIE L*a*b* system. Measured were the parameters to determine the colour, i.e. L* luminescence as well as a* and b*, which are the coordinates of a point to characterized the colour.

The foam, produced from WPI solutions and not thermally treated, was characterized by the best rheological properties and showed the highest yield stress values. The sucrose added caused the yield stress values of foams produced from WPI and WPC preparations to decrease.

The mechanical properties of the protein meringues depended on the concentration level of individual ingredients. The samples made from WPI preparations were characterized by the highest hardness values. In the meringues made from the two preparations under analysis, the increase in the sugar concentration caused the hardness to increase and the crispness to decrease. At the same time, it was found that the higher the hardness, the higher the resistance to mechanical crushing.

The highest values of L* parameters were reported for meringues made from WPI. The decrease in the protein concentration caused the L* value to decrease in both the meringues from WPI and from the WPC preparations. A higher concentration of sugar in the meringues studied caused the a* and b* colour parameters to increase; i.e. the samples analyzed were greener (less red) and more yellow (less blue).

Key words: whey proteins, foams, meringues, yield stress, mechanical properties ☒

TOMASZ DASZKIEWICZ, CEZARY PURWIN, STANISŁAW MILEWSKI,
ZENON TAŃSKI, RAFAŁ WINARSKI, DOROTA KUBIAK, NATALIA HNATYK,
MILENA KOBĄ-KOWALCZYK

JAKOŚĆ MIĘSA JAGNIĄT RASY KAMIENIECKIEJ POCHODZĄCEGO Z RÓŻNYCH ELEMENTÓW TUSZY

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było porównanie jakości mięsa pochodzącego z podstawowych elementów tuszy jagniąt rasy kamienieckiej. Badaniami objęto 24 tryczki odłączone od matek w 70. dniu życia. Odłączone od matek jagnięta żywiono *ad libitum* kiszonką z traw oraz śrutą jęczmienną i premiksem. Po zakończeniu tuczu (60 dni) tryczki ubito. W trakcie rozbioru tusz, do celów badawczych pobrano cztery elementy, tj. karkówkę, comber, łopatkę, i udziec, z których w trakcie wykrawania wycięto odpowiednio: *m. splenius*, *m. longissimus dorsi*, *m. triceps brachii* oraz *m. biceps femoris*. Z mięśni tych pobrano próbki do oceny cech sensorycznych mięsa. Pozostałe mięso krojono na drobne kawałki, z których po wymieszaniu i zmieleniu pobierano próbkę średnią (ok. 300 g) dla danego elementu, przeznaczoną do badań chemicznych i fizykochemicznych.

Wykazano, że mięso z combra i udźca, w porównaniu z mięsem z karkówki i łopatki, odznaczało się większą ($p \leq 0,01$) zawartością białka ogólnego i składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu. Z kolei mięso z łopatki i karkówki charakteryzowało się zdecydowanie większą ($p \leq 0,01$) zawartością tłuszczu oraz wyższymi ($p \leq 0,01$) wartościami pH. Konsekwencją stwierdzonej najwyższej wartości pH mięsa z łopatki była jego największa ($p \leq 0,01$) wodochłonność. Analiza barwy mięsa wykazała, że surowiec z karkówki odznaczał się mniejszym ($p \leq 0,05$) udziałem barwy czerwonej (a^*) w porównaniu z mięsem z combra i łopatki. W ocenie sensorycznej mięsa stwierdzono tendencję do większego natężenia i mniejszej pożądalności zapachu mięsa z karkówki oraz nieznacznie mniejszej kruchości mięsa z udźca i łopatki.

Słowa kluczowe: jagnięcina, karkówka, comber, łopatka, udziec, jakość mięsa

Dr hab. T. Daszkiewicz, prof. nadzw., dr inż. R. Winarski, dr inż. D. Kubiak, mgr inż. N. Hnatyk, mgr inż. M. Koba-Kowalczyk, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, dr hab. C. Purwin, prof. nadzw., Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, prof. dr hab. S. Milewski, dr hab. Z. Tański, Katedra Hodowli Owiec i Kóz, Wydz. Bioinżynierii Zwierząt, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn. Kontakt: fox@uwm.edu.pl

Wprowadzenie

Aktywny styl życia połączony z odpowiednim odżywianiem stanowią podstawę prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka [16]. Bez wątpienia, wartościowym produktem pochodzenia zwierzęcego w diecie współczesnego konsumenta może być jagnięcina. Przemawiają za tym jej duża wartość odżywcza [9, 10] oraz właściwości prozdrowotne [4, 17, 15], związane przede wszystkim z występowaniem w niej sprężonego kwasu linolowego (CLA), a także karnityny i kwasu orotowego.

Pełne wykorzystanie walorów kulinarnych i odżywczych jagnięciny jest uwarunkowane poznaniem czynników, które je kształtują. Jak podają Grzeškowiak i wsp. [10], na jakość mięsa jagnięcego wpływa przede wszystkim technologia produkcji (system żywienia, masa ubojowa oraz rasa zwierząt). Niezależnie od tego dla konsumentów i zakładów mięsnych istotna jest informacja o potencjalnych różnicach jakości surowca uzyskiwanego z różnych elementów tuszy. Informacja ta może bowiem decydować o przeznaczeniu kulinarnym i przetwórczym mięsa.

Celem przeprowadzonych badań było porównanie jakości mięsa pochodzącego z czterech wyrębów (karkówka, comber, łopatka, udziec) tuszy jagniąt rasy kamienieckiej.

Material i metody badań

Badaniami objęto 24 tryczki jedynaki odłączone od matek w 70. dniu życia, przy średniej masie ciała 22,65 kg. Odłączone od matek jagnięta żywiono *ad libitum* kiszonką z traw oraz śrutą jęczmienną i premiksem, w dawkach dziennych odpowiednio: 0,5 kg i 12,5 g/szt. Zwierzęta tuczono przez 60 dni, a następnie ubjano w zakładach mięsnych (z zachowaniem 24-godzinnej głodówki przedubojowej). Na przeprowadzenie badań z udziałem zwierząt autorzy uzyskali zgodę Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na Zwierzętach.

W trakcie rozbioru wychłodzonych (24 h, temp. 3 °C) tusz, do celów badawczych pobierano cztery elementy, tj. karkówkę, comber, łopatkę i udziec, z których w trakcie wykrawania wycinano odpowiednio: *m. splenius*, *m. longissimus dorsi*, *m. triceps brachii* oraz *m. biceps femoris*. Z mięśni tych pobierano próbki do oceny cech sensorycznych mięsa. Pozostałe mięso krojono na drobne kawałki, z których po wymieszaniu i zmieleniu pobierano próbkę średnią (ok. 300 g) dla danego elementu, przeznaczoną do badań chemicznych i fizykochemicznych.

Próbki zapakowane w woreczki polietylenowe przewożono w izotermicznych pojemnikach do laboratorium, w którym poddano je analizom po ok. 48 h od momentu uboju zwierząt.

Przedmiotem analiz laboratoryjnych był podstawowy skład chemiczny mięsa oraz jego właściwości fizykochemiczne i sensoryczne. W mięsie oznaczano zawartość:

suchej masy – metodą suszarkową, białka ogólnego – metodą Kjeldahla, tłuszczu – metodą Soxhleta (eter dietylowy jako rozpuszczalnik) oraz składników mineralnych w postaci popiołu [1].

Wartość energetyczną mięsa obliczano, wykorzystując współczynniki przeliczeniowe dla białka i tłuszczu, wynoszące odpowiednio 4,00 kcal (16,78 kJ/g) oraz 9,00 kcal (37,62 kJ/g) [13].

Pomiary pH przeprowadzano w homogenacie wodnym z mięsa (stosunek mięsa do wody redestylowanej 1 : 1 m/v) przy użyciu elektrody kombinowanej Polilyte Lab firmy Hamilton i pH-metru pH 340i z czujnikiem temperatury TFK 325 firmy WTW.

Charakterystyki barwy mięsa dokonywano na podstawie wartości parametrów L^* , a^* , b^* , C^* w układzie CIE LAB [5]. Parametry L^* , a^* i b^* określano metodą odbicia światła za pomocą aparatu MiniScan XE Plus firmy HunterLab przez bezpośredni 3-krotny pomiar powierzchni zmielonego mięsa w różnych miejscach. Pomiary przeprowadzano po półgodzinnym przetrzymaniu próbek w temp. 4 °C, przykrytych folią przepuszczalną dla O_2 i nieprzepuszczalną dla H_2O .

Wodochłonność mięsa określano metodą Graua i Hamma [25]. Próbkę zmielonego mięsa (300 mg) umieszczano na bibule Whatman nr 1. Bibulę wraz z próbką wkładano między szklane płytki i poddawano naciskowi 5 kg przez 5 min. Po zakończeniu wyciskania obrysowywano na bibule granicę powierzchni zajmowanej przez próbkę mięsa oraz granicę powierzchni wycieku soku mięsnego. Obie powierzchnie planimetrowano. Miarą wodochłonności mięsa była różnica obu splanimetrowanych powierzchni (większa wartość - mniejsza wodochłonność mięsa).

Cechy sensoryczne (zapach, smakowitość, soczystość, kruchość) gotowanego mięsa [2] ocenił 5-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej zgodnie z ISO 8586:1993 [11], stosując 5-punktową skalę ocen (5 pkt – ocena najwyższa, 1 pkt – ocena najniższa).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w programie komputerowym Statistica (data analysis software system), wersja 9.0 [24] Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Statystyczną istotność różnic między wartościami średnimi grup określono za pomocą testu Duncana.

Wyniki i dyskusja

Mięso pochodzące z czterech badanych elementów różniło się pod względem zawartości podstawowych składników chemicznych (tab. 1). Zdecydowanie największą ($p \leq 0,01$) zawartością tłuszczu charakteryzowała się karkówka. Na wysokim poziomie kształtował się udział tego składnika także w mięsie z łopatki, w której było go wyraźnie więcej ($p \leq 0,01$) niż w mięsie z combra i udźca. Z kolei mięso z combra i udźca w porównaniu z mięsem z karkówki i łopatki odznaczało się większą ($p \leq 0,01$) zawartością białka ogólnego i składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu.

Najmniejszy udział białka i składników mineralnych stwierdzono w mięsie z karkówki, w której był on mniejszy ($p \leq 0,01$) nie tylko w porównaniu z mięsem z combra (odpowiednio o 1,61 i 0,1 punktu procentowego) oraz udźca (odpowiednio o 1,43 i 0,11 punktu procentowego), ale również mięsem z łopatki (odpowiednio o 0,64 i 0,05 punktu procentowego). Zróżnicowanie zawartości podstawowych składników chemicznych w mięsie z badanych elementów tuszy miało odzwierciedlenie w różnicach średniej zawartości suchej masy. Stwierdzono, że mięso z łopatki i udźca odznaczało się zdecydowanie mniejszym udziałem suchej masy w porównaniu z mięsem z karkówki ($p \leq 0,01$) i combra ($p \leq 0,01$).

Konsekwencją zdecydowanie większej zawartości tłuszczu w mięsie z karkówki była jego największa ($p \leq 0,01$) kaloryczność (tab. 1). Różnice między średnią kalorycznością mięsa z combra, łopatki i udźca były wyraźnie mniejsze (pomimo stwierdzonej statystycznej istotności różnicy między średnią kalorycznością mięsa z łopatki i udźca). Z kolei mniejszy udział białka w mięsie z karkówki i łopatki w porównaniu z mięsem z combra i udźca miał odzwierciedlenie w mniejszych ($p \leq 0,01$) wartościach stosunku woda/białko (tab. 1).

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny i wartość energetyczna mięsa jagniąt rasy kamienieckiej.
Table 1. Proximate chemical composition and energy value of meat from Kamieniec lambs.

Cecha Characteristic	Miara stat. Stat. meas.	Element tuszy Carcass cut			
		comber saddle (n = 24)	karkówka neck (n = 24)	łopatka shoulder (n = 24)	udziec leg (n = 24)
Sucha masa [%] Dry matter	\bar{x} s	24,07 ^a 0,96	24,64 ^A 1,52	23,34 ^{Bb} 0,92	23,37 ^{Bb} 0,81
Białko ogólne [%] Total protein	\bar{x} s	19,83 ^A 0,59	18,22 ^B 0,62	18,86 ^C 0,64	19,65 ^A 0,54
Tłuszcz [%] Fat	\bar{x} s	2,82 ^A 1,13	5,45 ^B 1,69	3,75 ^C 0,93	2,52 ^A 0,68
Popiół [%] Ash	\bar{x} s	1,09 ^A 0,05	0,99 ^B 0,06	1,04 ^C 0,05	1,10 ^A 0,05
Stosunek woda/białko Water/protein ratio	\bar{x} s	3,83 ^A 0,13	4,14 ^B 0,15	4,07 ^B 0,16	3,90 ^A 0,14
Wartość energetyczna [kJ] Energy value	\bar{x} s	439 ^A 40,91	511 ^B 58,87	457 ^{Aa} 34,00	425 ^{Ab} 27,89

Objaśnienia: / Explanatory notes:

wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie: A, B, C – na poziomie $p \leq 0,01$; a, b – na poziomie $p \leq 0,05$ / mean values in lines and denoted by different letters differ statistically significantly, A, B, C – at $p \leq 0,01$; a, b – at $p \leq 0,05$.

Podsumowując wyniki analizy składu chemicznego badanego mięsa należy stwierdzić, że wskazywały one na ogólnie znane zależności między udziałem podstawowych składników. Zauważalne były bowiem ujemne zależności między zawartością w mięsie tłuszczu i białka oraz między zawartością tłuszczu i składników mineralnych (oznaczonych w postaci popiołu), które tworzą z białkami związki kompleksowe.

W ocenie jakości mięsa kulinarnego dużą uwagę zwraca się na zawartość w nim tłuszczu śródmięśniowego. Wynika to między innymi z roli tego składnika w kształtowaniu właściwości sensorycznych potraw przygotowanych z mięsa. Jak podają Grześkowiak i wsp. [10], optymalna zawartość tłuszczu śródmięśniowego w kulinarnym mięsie jagnięcym powinna wynosić 1,5 ÷ 2,5 %. W badaniach własnych powyższy wymóg był spełniony w mięsie pochodzącym z udźca i combra, natomiast w mięsie z łopatki, a przede wszystkim w mięsie z karkówki udział tłuszczu był znacznie większy od zalecanego i przekraczał 3,7 %.

Wykazane zróżnicowanie zawartości podstawowych składników chemicznych w mięsie uzyskanym z różnych elementów tuszy jagniąt jest potwierdzeniem wyników Klebaniuk i wsp. [14]. Cytowani autorzy podają, że mięso z udźców 90-dniowych jagniąt polskiej owcy nizinnej odmiany uhruskiej, w porównaniu z mięsem z combra, miało większą zawartość wszystkich oznaczanych podstawowych składników chemicznych (białka ogólnego, tłuszczu, składników mineralnych). Z kolei Gardzielewska i wsp. [9] podają, że w obrębie trzech elementów (łopatka, mięsień najdłuższy, udziec) tuszy jagniąt szorstkowłosej owcy pomorskiej, najwięcej białka i jednocześnie najmniej tłuszczu stwierdzono w próbkach pobranych z mięśnia najdłuższego grzbietu, natomiast najwięcej tłuszczu, a najmniej białka i składników mineralnych - w mięsie z łopatki.

Najwyższą ($p \leq 0,01$) średnią wartością pH, w obrębie analizowanych elementów tuszy, charakteryzowało się mięso z łopatki (tab. 2). Na wysokim poziomie kształtowała się również wartość pH mięsa z karkówki, która była wyraźnie wyższa ($p \leq 0,01$) od wartości pH mięsa z combra i udźca (odpowiednio o 0,26 i 0,23 jednostki). Średnie wartości pH mięsa z combra i udźca były bardzo zbliżone i charakterystyczne dla mięsa "normalnego".

Odnotowane różnice w poziomie zakwaszenia mięsa pochodzącego z czterech badanych elementów tuszy jagniąt wynikały prawdopodobnie ze zróżnicowanej życiowej zawartości w mięśniach glikogenu, z którego w procesie poubojowej glikolizy powstaje kwas mlekowy [19]. Wyższe średnie wartości pH mięsa z łopatki i karkówki, w porównaniu z mięsem z combra i udźca, mogły być również spowodowane większą zawartością w nim tłuszczu. Zależność taką wykazali również w badaniach mięsa wieprzowego Czarniecka-Skubina i wsp. [6].

Konsekwencją najwyższej wartości pH mięsa z łopatki była jego największa ($p \leq 0,01$) wodochłonność określona metodą Graua i Hamma (tab. 2). Ponadto zauwa-

żalna była wyraźna, lecz statystycznie nieistotna tendencja do mniejszej wodochłonności mięsa z karkówki w porównaniu z mięsem z combra i udźca.

Tabela 2. Właściwości fizykochemiczne mięsa jagniąt rasy kamienieckiej.
Table 2. Physicochemical properties of meat from Kamieniec lambs.

Cecha Characteristic	Miara stat. Stat. meas.	Element tuszy Carcass cut			
		comber saddle (n = 24)	karkówka neck (n = 24)	łopatka shoulder (n = 24)	udziec leg (n = 24)
pH	\bar{x}	5,65 ^A	5,91 ^{Ba}	6,01 ^{Bb}	5,68 ^A
	s	0,09	0,16	0,21	0,12
L*	\bar{x}	43,53	45,49	43,34	45,16
	s	2,25	6,15	2,35	2,28
a*	\bar{x}	13,49 ^a	12,85 ^b	13,44 ^a	13,14
	s	0,73	1,03	0,92	0,90
b*	\bar{x}	13,37	13,96	13,32	13,61
	s	1,19	1,03	0,83	1,07
C*	\bar{x}	19,01	18,98	18,94	18,94
	s	1,19	1,31	0,97	1,13
Wodochłonność - metoda Graua i Hamma [cm ²] Water-holding capacity - Grau and Hamm method	\bar{x}	7,10 ^A	6,56 ^A	5,69 ^B	7,01 ^A
	s	1,01	0,82	1,06	0,92

Objaśnienia: / Explanatory notes:

wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie: A, B – na poziomie $p \leq 0,01$; a, b – na poziomie $p \leq 0,05$ / mean values in lines and denoted by different letters differ statistically significantly, A, B, C – at $p \leq 0.01$; a, b – at $p \leq 0.05$.

Stwierdzona w niniejszej pracy dodatnia zależność między wartością pH i wodochłonnością mięsa jest zbieżna z wynikami innych badań [7, 20, 23]. Wynika ona z tego, że wzrostowi wartości pH mięsa towarzyszy oddalanie się od punktu izoelektrycznego białek, a ponadto zmniejszanie się udziału zdenaturowanych białek. W efekcie następuje lepsze wiązanie wody przez białka mięsa [22, 26]. Z kolei mniejszą wodochłonność mięsa pochodzącego z karkówki jagniąt, pomimo stosunkowo wysokiej wartości pH, należy wiązać z odnotowaną w tym surowcu najmniejszą zawartością białka, które jest odpowiedzialne za wiązanie wody w mięsie.

Ze średnich wartości parametrów charakteryzujących barwę mięsa z karkówki (tab. 2) wynika, że odznaczała się ona mniejszym ($p \leq 0,05$) udziałem barwy czerwonej (a*) w porównaniu z mięsem z combra i łopatki. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ($p > 0,05$) między średnimi wartościami parametrów L*, b* i C* mięsa pochodzącego z badanych elementów tuszy.

Stwierdzona w mięsie z karkówki najmniejsza wartość parametru a^* mogła wynikać prawdopodobnie ze zdecydowanie największego udziału w tym mięsie tłuszczu śródmięśniowego. Odwrotną zależność między zawartością tłuszczu w mięsie i wartością parametru a^* wykazali również Czarniecka-Skubina i wsp. (w mięsie wieprzowym) [6] i Gardzielewska i wsp. [9] (w mięsie jagnięcym). Powyższą zależność można tłumaczyć tym, że wraz ze wzrostem udziału w mięsie tkanek tłuszczowej i łącznej zmniejsza się udział tkanki mięśniowej, a tym samym także zawartych w niej barwników, w tym przede wszystkim mioglobiny, co ma wpływ na udział barwy czerwonej, charakteryzowanej wartością wskaźnika a^* .

W ocenie sensorycznej mięsa jagniąt (tab. 3) wykazano korzystne jego cechy. Jedynie w przypadku oceny zapachu mięsa z karkówki stwierdzono tendencję do jego większego natężenia oraz mniejszej pożądalności w porównaniu z mięsem z pozostałych elementów tuszy. Zauważalna była również tendencja ($p > 0,05$) do nieznacznie mniejszej kruchości mięsa z udźca i łopatki.

Tabela 3. Właściwości sensoryczne mięsa jagniąt rasy kamienieckiej [pkt].
Table 3. Sensory properties of meat from Kamieniec lambs [points].

Cecha Characteristic	Miara stat. Stat. meas.	Element tuszy Carcass cut			
		comber saddle (<i>m. longissimus dorsi</i>) (n = 24)	karkówka neck (<i>m. splenius</i>) (n = 24)	łopatka shoulder (<i>m. triceps brachii</i>) (n = 24)	udziec leg (<i>m. biceps femoris</i>) (n = 24)
Zapach - natężenie Aroma - intensity	\bar{x} s	3,93 0,77	4,30 ^a 0,75	3,72 ^b 0,74	4,15 0,66
Zapach - pożądalność Aroma - desirability	\bar{x} s	4,43 0,63	4,22 ^a 0,65	4,50 0,54	4,67 ^b 0,44
Kruchość Tenderness	\bar{x} s	4,26 0,69	4,33 0,65	4,17 0,47	3,98 0,76
Soczystość Juiciness	\bar{x} s	4,41 0,63	4,67 0,51	4,63 0,55	4,39 0,60
Smakowość - natężenie Flavour - intensity	\bar{x} s	4,30 0,49	4,37 0,55	4,11 0,60	4,35 0,57
Smakowość - pożądalność Flavour - desirability	\bar{x} s	4,63 0,53	4,59 0,54	4,70 0,47	4,74 0,45

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p \leq 0,05$ / mean values in lines and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Niewątpliwie, na wyniki oceny natężenia i pożądalności zapachu mięsa z karkówki miała wpływ zdecydowanie największa zawartość tłuszczu w tym surowcu. Specyficzny, uznawany przez wielu konsumentów za niepożądany, zapach mięsa baraniego jest jego cechą charakterystyczną [12, 21], wynikającą z dużej zawartości w tłuszczu nasyconych kwasów tłuszczowych, w tym głównie kwasów: stearynowego (C18:0) i palmitynowego (C16:0), a zbyt małej kwasów nienasyconych: oleinowego (C18:1), linolowego (C18:2) i linolenowego (C18:3) [3, 18]. Zapach ten nasila się wraz z wiekiem zwierząt i wzrostem ich odtuszczenia. Dlatego w wielu krajach preferowana jest jagnięcina pochodząca ze zwierząt młodych, których mięso odznacza się nie tylko jaśniejszą barwą, ale przede wszystkim delikatniejszym zapachem i smakiem [21]. Niezależnie od tego w literaturze [8] wskazuje się, że walory smakowo-zapachowe jagnięciny mogą być kształtowane poprzez dobór odpowiednich ras zwierząt oraz ich żywienie.

Wnioski

1. Wykazano istotne ($p \leq 0,01$) różnice pod względem zawartości podstawowych składników chemicznych (tłuszczu, białka ogólnego i składników mineralnych w postaci popiołu) oraz właściwości fizykochemicznych (pH, wodochłonności) mięsa jagniąt owcy kamienieckiej, pochodzącego z karkówki i łopatki oraz combra i udźca.
2. Mięso jagniąt charakteryzowało się korzystnymi właściwościami sensorycznymi. Stwierdzono jednak większe natężenie i jednocześnie mniejszą pożądalność zapachu mięsa z karkówki, co uwarunkowane było największą zawartością w nim tłuszczu, a tym samym także większą zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych.

Praca naukowa zrealizowana z wykorzystaniem aparatury laboratoryjnej zakupionej w projekcie finansowanym z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Ministerstwo Rozwoju Regionalnego w ramach programu operacyjnego „Rozwój Polski Wschodniej 2007-2013”.

Literatura

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis, 15th Ed. Assoc. of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1990.
- [2] Baryłko-Pikielna N., Kossakowska T., Baldwin Z.: The selection of optimal method to prepare beef and pork for the sensoric evaluation. Roczn. Inst. Przem. Mięs., 1964, **1**, 111-132.
- [3] Bodkowski R., Patkowska-Sokoła B., Zawadzki W.: An improvement of lamb meat quality by supplementing with thermally processed rape seeds (part II). Acta Sci. Pol., Med. Veter., 2010, **9** (4), 3-10.

- [4] Borys B., Borys A.: Effect of the form of rapeseed and linseed in lamb diets on some health quality parameters of meat. *Ann. Anim. Sci.*, 2005, **5** (1), 159-169.
- [5] CIE. Recommendations on uniform color spaces-color difference equations. *Psychometric Color Terms. Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 (E-1.3.1.) 1978, 1971/(TC-1-3)*, Commission Internationale de l'Eclairage, Paris 1978.
- [6] Czarniecka-Skubina E., Przybylski W., Jaworska D., Wachowicz I., Urbańska I., Niemyjski S.: Charakterystyka jakości mięsa wieprzowego o zróżnicowanej zawartości tłuszczu śródmięśniowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6** (55), 285-294.
- [7] Daszkiewicz T., Wajda S., Kubiak D., Krasowska J.: Quality of meat from young bulls in relation to its ultimate pH value. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2009, **27** (4), 293-302.
- [8] Duckett S.K., Kuber P.S.: Genetic and nutritional effects on lamb flavor. *J. Anim. Sci.*, 2001, **79** (E. Suppl.), E249-E259.
- [9] Gardzielewska J., Lachowski W., Jakubowska M., Rybarczyk A., Karamucki T., Szewczuk M.: Wartość rzeźna i jakość mięsa jagniąt szorstkowłosej owcy pomorskiej z terenu województwa zachodniopomorskiego. *Acta Sci. Pol., Zootech.*, 2010, **9** (1), 3-14.
- [10] Grześkowiak E., Borys B., Strzelecki J., Borzuta K., Borys A., Lisiak D.: Podstawowy skład chemiczny oraz wybrane parametry fizykochemiczne mięsa jagniąt tuczonych paszami suchymi lub z udziałem zielonek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **2** (63), 28-39.
- [11] ISO 8586:1993. Sensory analysis; general guidance for the selection, training and monitoring of assessors Part I: Selected assessors; Part II: Experts.
- [12] Ivanović S., Savić S., Baltić M., Teodorović V., Žujović M.: Dependence of lamb sensory properties on meat ripening level. *Biotech. Anim. Husbandry*, 2008, **24** (3-4), 93-100.
- [13] Jankowska B., Żmijewski T., Kwiatkowska A., Korzeniowski W.: The composition and properties of beaver (*Castor fiber*) meat. *Eur. J. Wildl. Res.*, 2005, **51**, 283-286.
- [14] Klebaniuk R., Patkowski K., Kowalczyk-Vasilev E.: Wpływ przechowywania mięsa jagnięcego na jego jakość fizyko-chemiczną. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011, **XLIV**, **1**, 76-81.
- [15] Kłobukowski J., Brzostowski H., Tański Z., Wiśniewska-Pantak D., Sowińska J.: The quality and nutritive value of the meat protein of various lamb genotypes. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2002, **11/52**, **4**, 41-45.
- [16] Migdał W.: Spożycie mięsa a choroby cywilizacyjne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6** (55), 48-61.
- [17] Milewski S.: Walory prozdrowotne produktów owczych. *Med. Weter.*, 2006, **62** (5), 516-519.
- [18] Niedziółka R., Pieniak-Lendzion K.: Wstępne badania współzależności między poziomem wybranych kwasów tłuszczowych a oceną sensoryczną mięsa koziółków i tryczków. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **3** (44) Supl., 169-176.
- [19] Pösö A.R., Puolanne E.: Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Sci.*, 2005, **70** (3), 423-434.
- [20] Qiao M., Fletcher D.L., Smith D.P., Northcutt J.K.: The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Sci.*, 2001, **80**, 676-680.
- [21] Sañudo C., Alfonso M., San Julián R., Thorkelsson G., Valdimarsdóttir T., Zygoiannis D., Stamatari C., Piasentier E., Mills C., Berge P., Dransfield E., Nute G.R., Enser M., Fisher A.V.: Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. *Meat Sci.*, 2007, **74** (4), 610-621.
- [22] Seideman S.C., Cross H.R., Smith G.C., Durland P.R.: Factors affecting fresh meat colour: a review. *J. Food Quality*, 1984, **6**, 211-237.
- [23] Sobina I.: Badania zmian jakości mięsa wieprzowego normalnego i wadliwego (PSE i DFD) w procesie autolizy w zależności od temperatury składowania Rozpr. hab. i monogr. 1, Wyd. ART, Olsztyn 1998.

- [24] StatSoft, Inc. Statistica (data analysis software system), version 9.0. Tulsa, OK, USA, 2009.
- [25] Van Oeckel M.J., Warnants N., Boucqueé Ch.V.: Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus on-line screening methods. *Meat Sci.*, 1999, **51** (4), 313-320.
- [26] Warriss, P.D.: *Meat Science: An Introductory Text*. Eds. CABI Publishing, Bristol, UK, 2000.

QUALITY OF MEAT FROM DIFFERENT CARCASS CUTS OF KAMIENIEC LAMBS

S u m m a r y

The objective of the research project performed was to compare the quality of meat from primal carcass cuts of Kamieniec lambs. The experiment involved 24 ram lambs weaned at the age of 70 days. The weaned lambs were fed, *ad libitum*, grass silage, ground barley, and a premix. Ram lambs were slaughtered as soon as their fattening was completed (60 days). While cutting up carcasses, four cuts were collected for the research purposes: neck, saddle, right shoulder, and leg; from them, *m. splenius*, *m. longissimus dorsi*, *m. triceps brachii*, and *m. biceps femoris*, respectively, were trimmed. From those muscles, samples were collected to analyse sensory characteristics of meat. The remaining meat was finely chopped, mixed, and minced. Average samples (ca. 300 g each) of every individual cut were collected for chemical and physicochemical analyses.

It was proved that, compared to meat from the neck and shoulder, meat from the saddle and leg was characterized by a higher ($p \leq 0.01$) content of total protein and mineral compounds determined as ash. Meat from the neck and the shoulder had a significantly ($p \leq 0.01$) higher fat content and higher ($p \leq 0.01$) pH values. A consequence of the highest pH value of meat from the shoulder was its highest ($p \leq 0.01$) water-holding capacity. The analysis of meat colour showed that meat from the neck had a lower ($p \leq 0.05$) content of redness (a^*) compared to meat from the saddle and shoulder. Based on the sensory analysis of meat, reported was a trend towards higher aroma intensity and lower aroma desirability of meat from the neck, and slightly lower tenderness of meat from the leg and the shoulder.

Key words: lamb meat, neck, saddle, shoulder, leg, meat quality ☒

DOROTA KOWALSKA, ANDRZEJ GUGOLEK, PAWEŁ BIELAŃSKI

ZALEŻNOŚCI MIĘDZY OTLUSZCZENIEM TUSZKI A ZAWARTOŚCIĄ TŁUSZCZU ŚRÓDMIĘŚNIOWEGO, PROFILEM KWASÓW TŁUSZCZOWYCH I KRUCHOŚCIĄ MIĘSA KRÓLIKÓW

Streszczenie

Celem pracy była ocena zależności między otluszczeniem poszczególnych partii tuszki króliczej a zawartością tłuszczu śródmięśniowego, profilem kwasów tłuszczowych i kruchością mięsa królików rasy nowozelandzkiej białej (NB) i popielniańskiej białej (PB). Badaniami objęto po 20 osobników z każdej rasy. Króliczka po odsadzeniu w 35. dniu żywiono do 90. dnia życia *ad libitum* pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi o zawartości: 15,3 % białka ogólnego, 3,55 % tłuszczu surowego i 11,5 % włókna surowego. Zwierzęta poddano ubojowi w wieku 90 dni. Króliki rasy NB w stosunku do rasy PB charakteryzowały się istotnie większą zawartością tłuszczu śródmięśniowego w mięśniach międzyżebrowych ($p \leq 0,05$), odpowiednio: 12,83 % i 10,39 %, w mięśniach powłok brzusznych ($p \leq 0,05$), odpowiednio: 9,06 % i 6,03 % oraz w combrze ($p \leq 0,01$), odpowiednio: 1,52 % i 1,01 %. Najwięcej białka oznaczono w mięśniach combra królików rasy PB (23,56 %), a najmniej – w mięśniach powłok brzusznych królików rasy NB (20,19 %). Pomędzy rasami wystąpiły istotne ($p \leq 0,01$) różnice pod względem zawartości białka w części przedniej i combrze – na korzyść rasy PB. Profil kwasów tłuszczowych mięsa różnicował badane rasy, co może wynikać z niejednakowego czasu uzyskiwania jego pełnej dojrzałości. W mięsie analizowanych ras, pochodzącym z combra stwierdzono istotną ($p \leq 0,01$) dodatnią zależność pomiędzy zawartością tłuszczu okołonerkowego a podskórnego i narządowego ogółem (odpowiednio: $r = 0,94$ i $0,87$). Podobnie, w części przedniej królików PB stwierdzono zależność pomiędzy tłuszczem łopatkowym a podskórnym i narządowym ogółem ($r = 0,79$). Większa zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięsie combra królików NB była istotnie ($p \leq 0,05$) dodatnio skorelowana z ilością tłuszczu okołonerkowego ($r = 0,70$).

Słowa kluczowe: króliki rasy nowozelandzkiej białej (NB), króliki rasy popielniańskiej białej (PB), otluszczenie, tłuszcz śródmięśniowy, kwasy tłuszczowe

*Dr hab. D. Kowalska, prof. nadzw., prof. dr hab. P. Bielański, Dział Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt, Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Krakowska 1, 32-083 Balice, prof. dr hab. A. Gugolek, Katedra Zwierząt Futerkowych i Łowiectwa, Wydz. Bioinżynierii Zwierząt, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn.
Kontakt: dorota.kowalska@izoo.krakow.pl*

Wprowadzenie

Wzrost królików związany jest m.in. z kolejnością odkładania tłuszczu najpierw podskórnego i narządowego, a następnie śródmięśniowego. Otłuszczenie zwierząt ma wpływ na skład kwasów tłuszczowych mięsa, jak również związane jest z tempem wzrostu młodych królicząt. Króliki różnych ras, których mięso zawiera zbliżoną ilość tłuszczu podskórnego (za łopatkami i w pachwinach) i narządowego (wokół nerek i żołądka), mogą w dużym stopniu różnić się poziomem tłuszczu śródmięśniowego [17]. Sugeruje to, że czynniki genetyczne decydują o miejscu odkładania tłuszczu w tuszy. Dużo szybciej otłuszczają się króliki ras typowo mięsnych, które w porównaniu z królikami ras prymitywnych powinny osiągać dużą masę ciała w jak najkrótszym czasie.

Tłuszcz podskórny i narządowy u królików ras mięsnych, żywionych pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi, przy masie ubojowej od 3 do 3,5 kg (wiek 90 dni) może stanowić od 70 do 140 g czyli 2,3 do 4 %, a tłuszcz śródmięśniowy od 0,3 do 12 %, w zależności od partii tuszki. Wpływ na otłuszczenie ma również wiek w momencie uboju [16]. Według Maj i wsp. [14] mniej tłuszczu śródmięśniowego stwierdza się w mięsie zwierząt ubijanych w 21. i 32. tygodniu życia niż w 12., co w pierwszym przypadku może być związane z ich dojrzałością płciową, a w drugim z dojrzewaniem okrywy włosowej.

W hodowli królików coraz bardziej zwraca się uwagę na zmniejszenie otłuszczenia i poprawę mięsności przy utrzymaniu właściwego poziomu przydatności technologicznej i smaku pozyskiwanego mięsa. Optymalna zawartość tłuszczu śródmięśniowego nadaje mięsu odpowiedni smak, soczystość oraz kruchość, która jest jednym z najważniejszych parametrów determinujących konsumencką ocenę jakości mięsa. Zmniejszenie zawartości tłuszczu śródmięśniowego poniżej 1 % obniża walory smakowe mięsa, które zwłaszcza po obróbce termicznej staje się suche i łykowate.

Współczesny producent mięsa króliczego skupia się nie tylko na efektach ilościowych produkcji żywca (wydajności rzeźnej czy zawartości mięsa w tuszce), ale, co w znacznym stopniu wynika z wymagań konsumentów, na wskaźnikach jakościowych. Coraz częściej zwraca się uwagę na zwiększenie udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych czy zmniejszenie zawartości cholesterolu i dąży do uzyskania mięsa o właściwościach prozdrowotnych.

Celem pracy było określenie zależności między otłuszczeniem poszczególnych partii tuszki króliczej a zawartością tłuszczu śródmięśniowego, profilem kwasów tłuszczowych i siłą cięcia mięsa królików rasy nowozelandzkiej białej (NB) i popielniańskiej białej (PB).

Material i metody badań

Badania na zwierzętach przeprowadzono w latach 2011 ÷ 2012, w sezonie jesienno-zimowym, w fermie królików należącej do Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego w Aleksandrowicach (zgoda na prowadzenie badań LKE w Instytucie Farmakologii PAN, Kraków, nr 818). Doświadczeniem objęto łącznie 40 królików, w tym 20 sztuk rasy nowozelandzkiej białej, (uznawanej za rasę typowo mięsną) i 20 sztuk popielniańskich białych (jedynej rodzimej rasy królików polecanej do chowu przyzagrodowego).

Króliczeta od odsadzenia w 35. dniu żywiono do 90. dnia życia *ad libitum* standardowymi pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi o zawartości: 15,8 % białka ogólnego, 3,55 % tłuszczu surowego i 11,5 % włókna surowego. Po zakończeniu odchowu doświadczalnego (w wieku 90 dni) zwierzęta po 24-godzinnej głodówce poddawano ubojowi w przykładowej ubojni według procedur przewidzianych dla tej grupy zwierząt (rozporządzenie Rady (WE) NR 1099/2009). Bezpośrednio po uboju przeprowadzano analizę rzezną według metodyki opisanej przez Bieńka [1]. Wydajność rzezną obliczano jako stosunek masy tuszki ciepłej z głową do masy zwierzęcia przed ubojem z równania:

$$WR(\%) = \frac{MT \times 100}{MC}$$

gdzie:

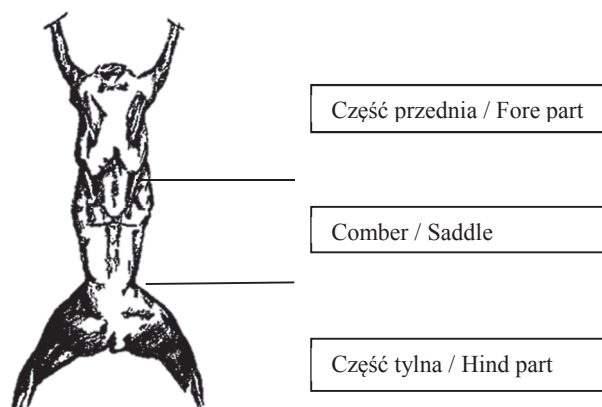
WR – wydajność rzeźna [%],

MT – masa tuszki z głową, bez podrobów (wątroba, nerki, płuca, serce) [g],

MC – masa ciała przed ubojem [g].

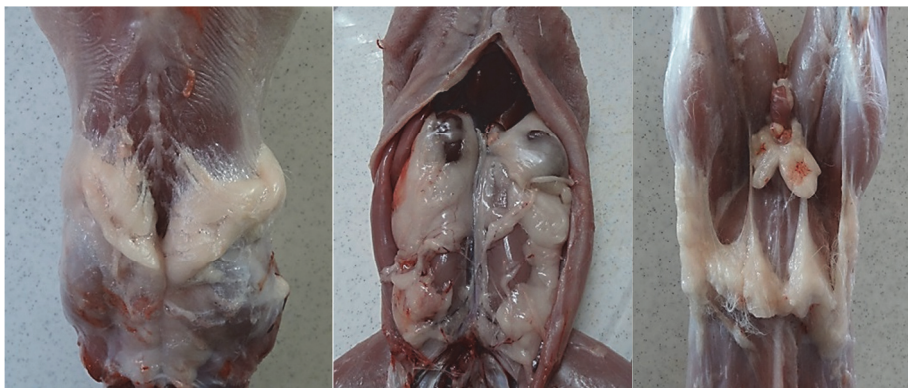
Po uboju tuszki dzielono na trzy części: część przednią – cięcie prowadzono na wysokości ostatniego żebra, comber – z cięciem na wysokości ostatniego kręgu lędźwiowego i część tylną – obejmującą nogi wraz z częścią krzyżową (rys. 1). Dodatkowo z części przedniej preparowano mięśnie międzyżebrowe, a od combra odcinano mięśnie powłok brzusznych.

Badania próbek mięsa wykonywano w Centralnym Laboratorium IZ PIB. Cechy chemiczne mięsa króliczego oznaczano w próbkach mięsa o masie 50 g, pochodzących z udźca – część tylna (*m. biceps femoris*), combra – mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*), mięśnia nogi przedniej – część przednia (*m. triceps brachii*), mięśni powłok brzusznych (*m. obliquus internus abdominis*) oraz mięśni międzyżebrowych zewnętrznych (*m. intercostales externi*). Mięso pozbawione błon i ścięgien mielono jednokrotnie w młynku typu Moulinex. Zawartość tłuszczu śródmięśniowego oznaczano metodą Soxhleta wg PN-ISO 1444:2000 [21], a zawartość białka - metodą Kjeldahla wg PN-75/A-04018 [20].



Rys. 1. Podział tuszki króliczej.
Fig. 1. Distribution of rabbit carcass.

Tłuszcz okołonarządowy oddzielano za pomocą skalpela w części przedniej z okolic łopatek, w części środkowej z okolic nerek i żołądka oraz w części tylnej z okolic pachwin (fot. 1).



Fot. 1. Miejsca gromadzenia się tłuszczu w tuszce króliczej (łopatkowy, okołonerkowy, pachwinowy).
Phot. 1. Sites of fat deposition (shoulder, kidney, inguinal) in rabbit carcass.

Silę cięcia mięsa oznaczano metodą instrumentalną przy użyciu teksturometru Texture Analyser TA-XT2 firmy Stable Micro Systems (oprogramowanie Texture Expert for Windows Version 1,05) z przystawką tnącą Warnera-Bratzlera, rejestrującą siłę [N/cm] potrzebną do przecięcia kawałków mięsa o przekroju poprzecznym 10×10 mm. Cięcia dokonywano prostopadłe do przebiegu włókien mięśniowych, przy

szybkości przesuwu głowicy 150 mm/min. Przed pomiarem siły cięcia mięso poddawano obróbce termicznej w łaźni wodnej w temp. 75 °C przez 30 min, a następnie schładzano i przechowywano w chłodziarce w temp. $4 \pm 0,5$ °C przez dobę.

W liofilizowanych próbkach mięsa wykonywano oznaczenie zawartości kwasów tłuszczowych. Poddawano je ekstrakcji roztworem chloroformu i metanolu zgodnie z metodą Folcha i wsp. [7]. Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowywano wg ISO 12966-2:2011 [19]. Profil kwasów tłuszczowych odpowiednich estrów metylowych oznaczano metodą chromatografii gazowej za pomocą chromatografu gazowego VARIAN 3400, z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym FID, przy temp. dozownika równej 250 °C, przy użyciu kolumny Rtx 2330 o parametrach $105 \text{ m} \times 0,32 \text{ mm} \times 0,2 \text{ }\mu\text{m}$. Jako gazu nośnego używano helu o przepływie 3 ml/min, nastrzyk 0,7 ml. Do oznaczenia CLA używano wzorców kwasów firmy Lardon Fine Chemicals AB, a do pozostałych kwasów – wzorców Sigma-Aldrich.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w układzie jednoczynnikowym przy użyciu analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi w grupach szacowano stosując wielokrotny test rozstępu Duncana. Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością tłuszczu śródmięśniowego, podskórnego, narządowego i profilem kwasów tłuszczowych a siłą cięcia oszacowano przy użyciu programu komputerowego Statistica 8 (StatSoft, USA, 2008).

Wyniki i dyskusja

W tab. 1. przedstawiono wyniki analizy rzeźnej królików obydwu badanych ras. Masa ciała przed ubojem oraz masa tuszki ciepłej królików rasy popielniańskiej białej były mniejsze ($p \leq 0,01$) niż nowozelandzkiej białej i charakteryzowały się istotnie ($p \leq 0,01$) mniejszym otłuszczeniem (tłuszcz podskórny i narządowy ogółem: NB – 54,50 g, PB – 23,20 g). W badaniach Kowalskiej i Bielańskiego [9] stwierdzono również mniejsze otłuszczenie królików rasy popielniańskiej białej (NB – 66,5 g, PB – 36,0 g). Wskaźnik wydajności rzeźnej królików obydwu ras był na zbliżonym poziomie i wynosił odpowiednio: NB – 55,9 % i PB – 54,4 %. Chwastowska-Siwiecka i wsp. [2] podają wydajność rzeźną rasy NB na poziomie 52,4 %, Daszkiewicz i wsp. [6] – w granicach od 51,5 do 52,4 %, a Kowalska i Bielański [9]: rasy NB – 53,8 %, a PB – 54,9 %.

Jednym z głównych czynników decydujących o sensorycznej jakości mięsa jest tłuszcz śródmięśniowy (*intramuscular fat content* – IMF). Najwięcej tłuszczu śródmięśniowego stwierdzono w mięsie pochodzącym z mięśni międzyżebrowych królików rasy NB – 12,83 %, najmniej w combrze królików rasy PB – 1,01 % (tab. 2). Pomiedzy rasami stwierdzono istotne ($p \leq 0,01$) różnice pod względem ilości tłuszczu śródmięśniowego pochodzącego z combra oraz istotne ($p \leq 0,05$) w mięśniach międzyżebrowych i powłok brzusznych. Pla i wsp. [16] podają zawartość tłuszczu śródmięśniowe-

go w różnych partiach mięsa badanych królików od 0,33 do 14,6 %, przy czym najwyższe średnie wartości dotyczyły mięśni międzyżebrowych (12,82 %) a najniższe – mięśni combra (1,20 %). Natomiast Łapa [11] podaje zawartość tłuszczu w combrze królików NB na poziomie – 1,71 %, Maj i wsp. [13] – 1,60 %, Szkucik i Libelt [18] – 1,12 %, a Kowalska i Bielański [9]: królików NB – na poziomie 2,11 %, a królików PB – 2,02 %.

Tabela 1. Wyniki analizy rzeźnej królików.
Table 1. Results of slaughter analysis of rabbits.

Wyszczególnienie / Item	Rasa / Breed	
	NB / NZW (\bar{x})	PB / PW (\bar{x})
Masa ciała [g] Body weight [g]	2680,3 ^A	2410,0 ^B
Masa tuszki ciepłej [g] Hot carcass weight [g]	1320,0 ^A	1158,2 ^B
Masa głowy [g] Head weight [g]	179,0 ^A	152,0 ^B
Masa podrobów [g] Giblets weight [g]	117,3 ^A	97,0 ^B
Masa części niejadalnych [g] Weight of inedible parts [g]	1075,5 ^a	912,5 ^b
Masa tłuszczu pachwinowego [g] Inguinal fat weight [g]	6,50 ^A	3,20 ^B
Masa tłuszczu łopatkowego [g] Shoulder fat weight [g]	16,0 ^A	7,00 ^B
Masa tłuszczu okołonerkowego i żołądkowego [g] Eight of kidney and abdominal fat [g]	32,0 ^A	13,0 ^B
Masa mięśni w tuszce [g] Carcass muscle weight [g]	1025,2 ^a	906,0 ^b
Masa kości w tuszce [g] Carcass bone weight [g]	240,3	229,0
Masa tłuszczu w tuszce [g] Carcass fat weight [g]	54,50 ^A	23,20 ^B
Wydajność rzeźna [%] Dressing percentage [%]	55,9	54,4

Objaśnienia: / Explanatory notes:

NB – króliki rasy nowozelandzkiej białej / NZW – rabbits of New Zealand White breed; PB – króliki rasy popielniańskiej białej / PW – rabbits of Popielno White breed;

wartości średnie (\bar{x}) oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie na poziomie: A, B – $p \leq 0,01$; a, b – $p \leq 0,05$ / mean values (\bar{x}) in the lines and denoted by different letters differ statistically significantly A, B – $p \leq 0.01$, a, b – $p \leq 0.05$.

Największy udział białka oznaczono w mięśniach combra królików rasy PB (23,56 %), a najmniejszy – w mięśniach powłok brzusznych królików NB (20,27 %). Istotne ($p \leq 0,01$) różnice pod względem zawartości białka pomiędzy rasami stwierdzono w mięśniach części przedniej i combra. Pla i wsp. [16] podają zawartość białka w różnych partiach mięsa badanych królików od 18,69 do 22,10 %, przy czym najwyższa wartość dotyczy mięśni combra. Kowalska i Bielański [9] wykazali w mięśniach combra królików PB zawartość białka na wyższym poziomie – 25,42 %, natomiast królików NB – 25,44 %. W badaniach Daszkiewicza i wsp. [6] poziom białka w mięśniu *longissimus dorsi* królików NB wahał się od 22,18 do 22,78 %.

Tabela 2. Zawartość tłuszczu śródmięśniowego i białka w poszczególnych elementach tuszki królików rasy NB i PB.

Table 2. Content of intramuscular fat and protein in individual components of rabbit carcass of NZW and PW breeds.

Elementy tuszki Carcass components	Tłuszcz / Fat [%] (\bar{x})		Białko / Protein [%] (\bar{x})	
	NB / NZW	PB / PW	NB / NZW	PB / PW
Część przednia Fore part	6,97	6,29	20,19 ^A	21,73 ^B
Mięśnie międzyżebrowe Intercostal muscles	12,83 ^a	10,39 ^b	18,89	19,18
Comber Saddle	1,52 ^A	1,01 ^B	21,91 ^A	23,56 ^B
Mięśnie powłok brzusznych Abdominal integument muscles	9,06 ^a	6,03 ^b	20,27	20,45
Część tylna Hind part	3,77	2,87	21,27	22,01

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

W tab. 3. przedstawiono zawartość wybranych kwasów tłuszczowych oraz siłę cięcia badanego mięsa. Spośród nasyconych kwasów tłuszczowych wykazano występowanie kwasu mirystynowego (C14:0), palmitynowego (C16:0) i stearynowego (C18:0). Istotne ($p \leq 0,01$) różnice dotyczyły kwasów: C14:0 – większą jego zawartością cechowało się mięso pochodzące z części tylnej królików rasy PB (3,42 %) niż królików rasy NB (2,73 %) oraz C16:0 – w mięsie pochodzącym z części przedniej i combra rasy NB (29,4 % i 29,2 %) w stosunku do rasy PB (25,4 % i 25,9 %).

W składzie jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie obu badanych ras i we wszystkich wyrębach mięsa króliczego najwięcej było kwasu oleinowego (C18:1), który zmniejsza ryzyko peroksydacji lipidów w lipoproteinach (LDL i HDL) i w związku z tym zapobiega tworzeniu się płytek miażdżycowych. Badania przeprowadzone *in vitro* wykazały, że kwas oleinowy zapobiega utlenianiu frakcji LDL, obni-

za stężenie cholesterolu we frakcji LDL, a jednocześnie podwyższa frakcję HDL [10]. Pomiędzy rasą NB i PB wykazano istotne ($p \leq 0,01$) różnice pod względem zawartości kwasu oleinowego w mięsie pochodzącym z części przedniej (22,7 i 27,4 %). W lipidach mięsa rasy NB wykazano więcej kwasu palmitooleinowego (C16:1) we wszystkich badanych wyrębach. Podobne zależności uzyskali dla obu omawianych ras Kowalska i Bielański [9].

Pod względem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych wykazano różnice ($p \leq 0,01$) pomiędzy rasami na korzyść królików PB w odniesieniu do zawartości kwasu linolowego (C18:2) w mięsie pochodzącym z części przedniej i combra, a w przypadku królików NB – zawartości kwasu linolenowego (C18:3) w części przedniej i EPA (C20:5) we wszystkich badanych wyrębach. Zawartość kwasu linolowego była istotnie większa ($p \leq 0,05$) w mięsie pochodzącym z części tylnej królików rasy NB, a kwasu linolenowego – w części tylnej i DHA (C22:6) w combrze królików rasy PB.

Po przeanalizowaniu ilości nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w mięsie obu ras królików stwierdzono statystycznie istotnie ($p \leq 0,01$) większą ich zawartość w części przedniej i combrze rasy NB, natomiast rasa PB charakteryzowała się większą zawartością SFA w części tylnej. Kowalska i Bielański [9] wykazali zbliżone wartości SFA w mięsie pochodzącym z części tylnej królików omawianych ras.

Suma kwasów wielonienasyconych szeregu $n-3$ PUFA $_{n-3}$ była największa w mięsie pochodzącym z części przedniej królików NB, co potwierdzono statystycznie na poziomie $p \leq 0,01$. Dietetycznie najkorzystniejszy stosunek kwasów PUFA $_{n-6/n-3}$, wynoszący 5,19, wykazano w mięsie pochodzącym z części przedniej królików rasy NB.

Przedstawione badania prowadzone były na dwóch różnych rasach królików, różniących się między sobą przede wszystkim czasem dojrzewania do rozplodu, liczebnością miotów oraz tempem wzrostu. W związku z tym ich mięso mogło w niejednakowym czasie uzyskiwać pełną dojrzałość, w czym można upatrywać przyczynę otrzymanych różnic.

Kruchość jest jednym z najważniejszych parametrów determinujących konsumencką ocenę jakości mięsa. Zależy od rodzaju włókien mięśniowych oraz ilości tkanki łącznej, a także w dużym stopniu od intensywności przemian proteolitycznych *post mortem*. Pomiędzy rasami nie wystąpiły statystycznie potwierdzone (zarówno przy $p \leq 0,05$, jak i $p \leq 0,01$) różnice określone siłą cięcia badanego mięsa pochodzącego z różnych wyrębów. Podobne wartości kruchości wyrażone siłą cięcia mięsa podają Łapa i wsp. [12]. Inni autorzy [4, 5] wskazują znacznie wyższe wartości siły cięcia kształtujące się na poziomie od 21 przez 33 do 35,1 ÷ 39,8 N/cm². Tak znaczne różnice wynikają zapewne z różnych sposobów wykonywania pomiarów, gdyż w tym przypadku istotne jest, czy cięcie przeprowadzono wzdłuż, czy w poprzek włókien mięśniowych, jak również czas obróbki termicznej i jej temperatura [3]. Według Millera [15] przetłuszczenie śródmięśniowe zwiększa kruchość mięsa między innymi

dlatego, że tłuszcz jest bardziej miękki niż włókna. Ponadto tworzy on swoistą ochronę włókien przed szybką denaturacją cieplną oraz zatrzymuje wodę w mięsie, co poprawia wrażenie kruchości mięsa poddanego obróbce termicznej.

Tabela 3. Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w poszczególnych elementach tuszki mięsa króliczego [% sumy kwasów tłuszczowych] oraz siła cięcia mięsa [N/cm].

Table 3. Content of selected fatty acids in individual carcass components of rabbit carcass [% of fatty acids in total] and meat shear force [N/cm].

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Część przednia Fore part		Comber Saddle		Część tylna Hind part	
	NB / NWZ	PB / PW	NB / NWZ	PB / PW	NB / NWZ	PB / PW
C _{14:0}	3,48 ^a	2,62 ^b	2,71	2,67	2,73 ^A	3,42 ^B
C _{16:0}	29,4 ^A	25,4 ^B	29,2 ^A	25,9 ^B	27,6	29,2
C _{16:1}	3,48 ^a	2,62 ^b	3,59 ^a	2,24 ^b	4,62 ^a	3,38 ^b
C _{18:0}	6,22	5,18	6,27	5,91	6,06	5,75
C _{18:1}	22,7 ^A	27,4 ^B	27,1	27,3	25,1	26,3
C _{18:2, n-6}	22,8 ^A	27,4 ^B	23,0 ^A	28,1 ^B	28,3 ^a	24,2 ^b
C _{18:3, n-3}	4,21 ^A	3,41 ^B	3,33	3,41	2,42 ^a	2,79 ^b
C _{20:4, n-6}	3,06 ^a	2,26 ^b	3,85 ^A	2,54 ^B	1,99	2,35
C _{20:5, n-3} (EPA)	0,13 ^A	0,08 ^B	0,13 ^A	0,09 ^B	0,11 ^A	0,06 ^B
C _{22:6, n-3} (DHA)	0,07	0,04	0,11 ^a	0,57 ^b	0,07	0,04
SFA	39,2 ^A	34,5 ^B	38,6 ^A	35,8 ^B	36,7 ^A	39,8 ^B
MUFA	30,4 ^a	33,3 ^b	30,7	29,8	29,7	29,8
PUFA	30,4 ^a	33,3 ^b	30,6 ^A	34,3 ^B	33,6 ^a	30,3 ^b
PUFA _{n-6}	25,9 ^A	29,5 ^B	26,9 ^A	30,5 ^B	30,4 ^A	26,6 ^B
PUFA _{n-3}	4,41 ^A	3,50 ^B	3,57	3,53	2,94	2,83
PUFA _{n-6/n3}	5,19 ^A	7,62 ^B	7,58	7,75	10,3 ^a	8,95 ^b
Siła cięcia Shear force	18,3	17,9	16,5	16,1	17,5	17,1

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

W mięsie pochodzącym z części przedniej królików rasy PB wykazano istotną ($p \leq 0,01$) dodatnią korelację pomiędzy zawartością tłuszczu łopatkowego i tłuszczu podskórnego oraz narządowego ogółem ($r = 0,79$) (tab. 4).

W mięsie pochodzącym z combra królików rasy NB (tab. 5) stwierdzono istotną ($p \leq 0,05$) dodatnią korelację pomiędzy zawartością tłuszczu śródmięśniowego i tłuszczu okołonerkowego ($r = 0,72$) oraz tłuszczu podskórnego i narządowego ogółem ($r = 0,70$). Korelacje dodatnie stwierdzono ($p \leq 0,01$) pomiędzy zawartością tłuszczu okołonerkowego a podskórnego i narządowego ogółem (NB: $r = 0,94$, PB: $r = 0,87$) w przypadku obu analizowanych ras. Zależność pomiędzy zawartością tłuszczu śród-

mięśniowego a tłuszczami narządowym i podskórnym można odnieść do badań prowadzonych na mięsie świń – istotne korelacje pomiędzy otłuszczeniem tuszy mierzonym grubością słoniny a zawartością tłuszczu śródmięśniowego stwierdza się w wielu rasach [8]. W przypadku królików PB stwierdzono istotne ($p \leq 0,05$) ujemne korelacje pomiędzy tłuszczem śródmięśniowym a kwasem C16:1 ($r = -0,71$) i MUFA (kwasy

Tabela 4. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrami otłuszczenia części przedniej królików, profilem kwasów tłuszczowych i siłą cięcia.

Table 4. Coefficients of correlations among parameters of fat deposits within fore parts of rabbits, fatty acid profile, and shear force.

Zmienna Variable	Zawartość tłuszczu śródmięśniowego IMF content		Zawartość tłuszczu łopatkowego Shoulder fat content		Zawartość tłuszczu podskórnego i narządowego ogółem Total content of subcutaneous and visceral fat		Siła cięcia Shear force	
	Rasa / Breed							
	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW
Tłuszcz śródmięśniowy IMF content	-	-	-0,28	-0,28	-0,57	-0,15	-0,29	0,32
Tłuszcz łopatkowy Inguinal fat	-0,28	-0,28	-	-	-0,07	0,79**	0,26	-0,25
Tłuszcz podskórny i narządowy ogółem Total content of subcutaneous and visceral fat	-0,57	-0,15	-0,07	0,79**	-	-	0,36	-0,45
Siła cięcia Shear force	-0,29	0,32	0,26	-0,25	0,36	-0,45	-	-
C16:0	0,25	-0,23	-0,30	0,01	-0,34	0,12	-0,26	-0,21
C16:1	0,26	0,07	-0,19	-0,44	-0,13	-0,15	-0,23	-0,07
C18:0	-0,18	0,28	0,18	-0,21	0,26	-0,46	0,24	0,30
C18:1	0,36	0,33	0,45	-0,33	-0,13	-0,13	-0,20	-0,01
C18:2	-0,36	-0,40	0,12	0,44	0,29	0,28	0,35	-0,04
C18:3	0,23	0,22	0,53	-0,58	-0,23	-0,15	-0,13	0,13
C20:4	-0,48	-0,38	0,07	0,49	0,50	0,12	0,43	0,25
SFA	0,21	0,03	-0,46	-0,08	-0,34	-0,26	-0,32	0,16
MUFA	0,35	0,28	0,20	-0,37	-0,14	-0,13	-0,23	-0,03
PUFA	-0,36	-0,41	0,19	0,57	0,32	0,42	0,36	-0,11
PUFAn-6	-0,40	-0,40	0,12	0,60	0,36	0,42	0,38	-0,16
PUFAn-3	0,21	0,14	0,60	-0,53	-0,18	-0,11	0,02	0,12

Objaśnienia: / Explanatory notes:

*- współczynniki korelacji statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$ / correlation coefficients statistically significant at $p \leq 0.05$;

** - współczynniki korelacji statystycznie istotne przy $p \leq 0,01$ / correlation coefficients statistically significant at $p \leq 0.01$.

jednonienasycone) ($r = -0,67$) oraz pomiędzy siłą cięcia a PUFA_{n-3} ($r = -0,67$). Natomiast dodatnie istotne ($p \leq 0,05$) korelacje wykazano pomiędzy tłuszczem śródmięśniowym a PUFA i PUFA_{n-6} (w obu przypadkach $r = 0,69$) oraz między siłą cięcia a C18:3 ($r = 0,68$).

Tabela 5. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrami otluszczenia combra królików, profilem kwasów tłuszczowych i siłą cięcia.

Table 5. Coefficients of correlations among parameters of fat deposits within rabbit saddle, fatty acid profile, and shear force.

Zmienna Variable	Zawartość tłuszczu śródmięśniowego IMF content		Zawartość tłuszczu okołonerkowego Inguinal fat content		Zawartość tłuszczu podskórnego i narządowego ogółem Total content of subcutaneous and visceral fat		Siła cięcia Shear force	
	Rasa / Breed							
	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW
Tłuszcz śródmięśniowy IMF content	-	-	0,72*	0,33	0,70*	0,14	0,10	-0,38
Tłuszcz okołonerkowy Inguinal fat	0,72*	0,33	-	-	0,94**	0,87**	0,32	0,29
Tłuszcz podskórny i narządowy ogółem Total content of subcutaneous and visceral fat	0,70	0,14	0,94**	0,87**	-	-	0,23	0,54
Siła cięcia Shear force	0,10	-0,38	0,32	0,29	0,23	0,54	-	-
C16:0	-0,21	-0,04	-0,47	0,17	-0,48	0,01	-0,27	-0,08
C16:1	-0,02	-0,71*	0,08	-0,29	0,20	-0,16	-0,14	0,15
C18:0	-0,41	0,54	-0,35	0,21	-0,48	0,11	-0,17	-0,34
C18:1	0,25	-0,59	0,08	-0,20	0,18	-0,14	0,12	0,38
C18:2	0,17	0,58	0,54	0,25	0,35	-0,24	0,43	-0,38
C18:3	-0,17	0,13	0,12	-0,09	0,07	0,01	0,30	0,68*
C20:4	-0,02	0,54	0,01	0,31	-0,06	-0,39	-0,19	-0,10
SFA	-0,33	0,07	0,53	0,07	-0,54	0,12	-0,30	-0,23
MUFA	0,16	-0,67*	0,10	-0,22	0,22	-0,11	0,01	0,37
PUFA	0,10	0,69*	0,41	0,18	0,22	-0,08	0,30	-0,23
PUFAn-6	0,12	0,69*	0,40	0,20	0,23	-0,23	0,25	-0,16
PUFAn-3	-0,17	0,13	0,01	-0,13	-0,04	0,14	0,30	-0,67*

Objaśnienia jak pod tab. 4. / Explanatory notes as in Tab. 4.

Tabela 6. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrami otłuszczenia części tylnej królików, profilem kwasów tłuszczowych i kruchością.

Table. 6. Coefficients of correlations among parameters of fat deposits within hind parts of rabbits, fatty acid profile, and tenderness.

Zmienna Variable	Zawartość tłuszczu śródmięśniowego IMF content		Zawartość tłuszczu pachwinowego Inguinal fat content		Zawartość tłuszczu podskórnego i narządowego ogółem Total content of subcutaneous and visceral fat		Siła cięcia Shear force	
	Rasa / Breed							
	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW	NB NZW	PB PW
Tłuszcz śródmięśniowy IMF content	-	-	-0,11	-0,28	0,16	0,30	-0,01	0,58
Tłuszcz pachwinowy Inguinal fat	-0,11	-0,28	-	-	0,48	0,45	-0,39	-0,17
Tłuszcz podskórny i narządowy ogółem Total content of subcutaneous and visceral fat	0,16	0,03	0,48	0,45	-	-	-0,09	-0,11
Siła cięcia Shear force	0,58	0,30	-0,17	-0,09	-0,11	0,36	-	-
C16:0	0,33	-0,27	0,71*	0,35	0,64*	0,04	-0,04	0,18
C16:1	0,41	0,28	0,52	0,25	0,56	-0,09	-0,22	0,44
C18:0	0,13	-0,12	0,05	-0,62	0,54	-0,05	0,49	0,01
C18:1	0,49	0,16	0,46	0,46	0,57	-0,20	0,10	-0,04
C18:2	-0,36	0,07	-0,65*	-0,31	-0,64*	0,14	-0,04	-0,41
C18:3	-0,17	0,04	-0,06	-0,33	-0,35	0,19	0,62	-0,17
C20:4	-0,38	-0,29	0,01	-0,59	-0,07	-0,07	0,74*	0,13
SFA	0,30	-0,21	0,71*	0,27	0,64*	0,12	-0,01	0,32
MUFA	0,48	0,24	0,49	0,40	0,59	-0,17	0,01	0,22
PUFA	-0,40	0,00	-0,64*	-0,49	-0,65*	0,02	0,01	-0,40
PUFAn-6	-0,38	-0,01	-0,65*	-0,42	-0,65*	0,11	0,01	-0,34
PUFAn-3	-0,59	-0,24	-0,43	0,25	-0,52	-0,09	0,13	-0,32

Objaśnienia jak pod tab. 4 / Explanatory notes as in Tab. 4.

W mięsie pochodzącym z części tylnej (tab. 6) królików rasy NB stwierdzono istotną ($p \leq 0,05$) dodatnią korelację pomiędzy tłuszczem pachwinowym a kwasem C16:0 ($r = 0,71$) i SFA ($r = 0,71$), następnie między tłuszczem podskórnym i narządowym ogółem a C16:0 ($r = 0,64$) i SFA ($r = 0,64$) oraz między siłą cięcia a C20:4

($r = 0,74$). Równocześnie, w przypadku tej samej rasy, istotne ($p \leq 0,05$) ujemne korelacje stwierdzono pomiędzy tłuszczem pachwinowym a C18:2 ($r = -0,65$), PUFA ($r = -0,64$) i PUFA_{n-6} ($r = -0,65$).

Wnioski

1. Stwierdzono istotnie ($p \leq 0,05$) większą zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśniach międzyżebrowych i mięśniach powłok brzusznych a wysoko istotnie ($p \leq 0,01$) większą w combrze królików rasy NB w stosunku do rasy PB.
2. Największą zawartość białka wykazano w mięśniach combra królików rasy PB, a najmniejszą – w mięśniach powłok brzusznych królików rasy NB. Istotne na poziomie istotności $p \leq 0,01$ różnice stwierdzono między rasami, na korzyść rasy PB, w odniesieniu do zawartości białka w części przedniej i w combrze.
3. Profil kwasów tłuszczowych w mięsie badanych ras królików różnił się, co może być związane z różnym wiekiem uzyskiwania pełnej dojrzałości przez te rasy.
4. Stwierdzono istotną na poziomie istotności $p \leq 0,01$ dodatnią korelację (NB: $r = 0,94$, PB: $r = 0,87$) pomiędzy zawartością tłuszczu okołonerkowego a podskórnego i narządowego ogółem w mięsie z combra pochodzącym od obu analizowanych ras. Natomiast dodatnią korelację ($r = 0,79$) stwierdzono w odniesieniu do części przedniej tuszki królików rasy PB pomiędzy tłuszczem łopatkowym a podskórnym i narządowym ogółem.
5. Większa zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięsie combra królików rasy NB była istotnie ($p \leq 0,05$) dodatnio skorelowana z tłuszczem okołonerkowym.

Literatura

- [1] Bieniek J.: Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na użytkowość mięsną królików w warunkach chowu tradycyjnego. Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozprawy, 1997, nr 233.
- [2] Chwastowska-Siwiecka I., Kondratowicz J., Winarski R., Śmiecińska K.: Wartość rzeźna oraz wybrane cechy jakościowe mięsa królików ras mięsnych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, **2 (75)**, 136-147.
- [3] Chwastowska-Siwiecka I., Kondratowicz J., Gugolek A., Matusevičius P.: Changes in the physico-chemical properties of deep-frozen rabbit meat as dependent on thawing method. Vet. Med. Zoot., 2013, **62 (84)**, 68-72.
- [4] Cossu M.E., Cumini M.L., Lazzari G.: Effect of corn processing and level of inclusion on growth of meat rabbits. Proc. 8th World Rabbit Congress, Mexico, 2004, pp. 785-791.
- [5] Dal Bosco A., Castellini C., Bernardini M.: Productive performance and carcass and meat characteristics of cage – or pen – raised rabbits. Proc. 7th World Rabbit Congress, Valencia, 2000, pp. 579-584.
- [6] Daszkiewicz T., Gugolek A., Janiszewski P., Kubiak D., Czoik M.: The effect of intensive and extensive production systems on carcass quality in New Zealand White rabbits. World Rabbit Sci., 2012, **20 (1)**, 25-32.
- [7] Folch J., Lees M., Stanley G.H.S.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 1957, 226, 497.

- [8] Jankowiak H., Bocian M., Kapelański W., Roślewska A.: Zależność między otłuszczeniem tuszy a zawartością tłuszczu śródmięśniowego i profilem kwasów tłuszczowych w mięsie świń. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **6 (73)**, 199-2008.
- [9] Kowalska D., Bielański P.: Study on the possibility of using the native Popielno White rabbit breed in commercial farming. *Ann. Anim. Sci.*, 2011, **11 (2)**, 307-320.
- [10] Kwiatkowska E.: Właściwości zdrowotne oliwy z oliwek. *Postępy Fitoterapii*, 2007, **(3)**, 168-171.
- [11] Łapa P.: Charakterystyka wskaźników jakości mięsa królików rasy nowozelandzkiej białej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. Praca magisterska, WHiBZ UR Kraków, 2005, pp. 1-102.
- [12] Łapa P., Maj D., Bieniek J.: Barwa i tekstura mięsa królików ras mięsnych i ich mieszańców. *Med. Weter.*, 2008, **64(4A)**, 454-456.
- [13] Maj D., Bieniek J., Łapa P.: Jakość mięsa królików rasy białej nowozelandzkiej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. *Med. Weter.*, 2008, **64 (3)**, 351-353.
- [14] Maj D., Bieniek J., Bekas Z.: Wpływ wieku i płci królików na wskaźniki jakości ich mięsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1 (80)**, 142-153.
- [15] Miller R.K.: Palatability. W: *Encyclopaedia of Meat Sciences*. Elsevier Ltd., 2004, 256-266.
- [16] Pla M., Pascual M., Arino B.: Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the NIRS methodology. *World Rabbit Sci.*, 2004, **12**, 149-158.
- [17] Spencer A., Hull D.: The effect of over-feeding newborn rabbits on somatic and visceral growth, body composition and long-term growth potential. *Br. J. Nutr.*, 1984, **51**, 389-402.
- [18] Szkucik K., Libelt K.: Wartość odżywcza mięsa królików. *Med. Weter.*, 2006, **62 (1)**, 108-110.
- [19] ISO 12966-2:2011. Animal and vegetable fats and oils. Gas chromatography of fatty acid methyl esters - Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids
- [20] PN-75/A-04018. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [21] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza).

RELATIONSHIPS AMONG FAT DEPOSIT WITHIN CARCASS, CONTENT OF INTRAMUSCULAR FAT, FATTY ACID PROFILE, AND TENDERNESS OF RABBIT MEAT

Summary

The objective of the study was to assess the relationships among fat deposits within individual parts of rabbit carcass, content of intramuscular fat, fatty acid profile, and tenderness of meat from rabbits of New Zealand White (NZW) and Popielno White (PW) breeds. The study comprised 20 specimens of each of the two rabbit breeds. The kittens were weaned on the 35th day and, until the 90th day of life, they were fed, ad libitum, complete feedingstuffs containing 15.3 % of crude protein, 3.55 % of crude fat, and 11.5 % of crude fibre. The animals were slaughtered at the age of 90 days. Compared to the rabbits of PW breed, the rabbits of NZW breed were characterized by a significantly higher intramuscular fat content within intercostal muscles (12.83 % and 10.39 %, respectively) and within abdominal integument muscles (9.06 % and 6.03 %, respectively), as well as by a highly significantly higher fat content in the saddle (1.52 % and 1.01 %, respectively). The highest percentage of protein was determined in the saddle muscles of PW rabbits (23.56 %), the lowest in the abdominal integument muscles of NZW rabbits (20.19 %). Highly significant ($p \leq 0,01$) differences were found between the two breeds as regards the contents of protein in their fore part and saddles; the rabbits of PW breed had a significantly higher percentage of

protein content. The fatty acid profile of meat differed between the two breeds analysed; this might result from the varying times the meat of two breeds needed to become full mature. In the saddle meat of the two breeds analyzed, a highly significantly ($p \leq 0,01$) positive relationship was determined between the content of kidney fat and the total content of subcutaneous and visceral fat (respectively: $r = 0.94$ and 0.87). Similarly, in the fore part of the rabbits of PW breed, a relationship was found to exist between the content of shoulder fat and the total content of subcutaneous and visceral fat ($r = 0.79$). The higher intramuscular fat content in the saddle meat from NZW rabbits was significantly positively correlated (on the level $0,05$) with the amount of kidney fat ($r = 0.70$).

Key words: rabbits of New Zealand White (NZW) breed, rabbits of Popielno White (PW) breed, fat deposits, intramuscular fat, fatty acids ☒

BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK, ARKADIUSZ SZTERK,
MATEUSZ ROGALSKI, MONIKA KRUK, EWELINA ROKOWSKA,
MAGDALENA ZARODKIEWICZ, JAKUB MIKICIUK

WPŁYW PROCESU WĘDZENIA WYROBÓW WIEPRZOWYCH OTRZYMANYCH Z MIĘSA O RÓŻNEJ JAKOŚCI POCZĄTKOWEJ NA ZAWARTOŚĆ WIELOPIERŚCIENIOWYCH WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH

Streszczenie

W pracy określono wpływ procesu wędzenia wyrobów otrzymanych z mięsa wieprzowego o różnej jakości początkowej na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Dokonano oznaczenia zawartości WWA w wyrobach wędliniarskich grubo- i drobnorozdrobnionych (kiełbasy szynkowe, parówki), przed (farsze) i po procesie wędzenia (wyroby gotowe). Do produkcji wyrobów użyto mięsa o zróżnicowanym profilu kwasów tłuszczowych, co wynikało ze stosowania różnego źródła tłuszczu w żywieniu tuczników. Oznaczono i zidentyfikowano 21 WWA, a szczególnej analizie poddano zawartość benzo[a]pirenu, chryzenu, benzo[a]antracenu oraz benzo[b]fluorantenu. Stwierdzono, że proces wędzenia wyrobów wędliniarskich przyczynia się do wzrostu zawartości poszczególnych WWA w ilości od ok. 22 do 40 % w stosunku do zawartości w produktach przed wędzeniem. Wykazano także, że rodzaj tłuszczu dodawanego do paszy tuczników, od których pozyskiwano mięso jako surowiec do produkcji wyrobów wędliniarskich, istotnie wpływał na ilość i rodzaj WWA zawartych w wyrobach gotowych. Stosowanie w paszach tuczników oleju lnianego i rybiego przyczyniło się do zmiany profilu kwasów tłuszczowych w mięsie, co z kolei sprzyjało powstawaniu większej ogólnej ilości WWA, w tym tzw. WWA ciężkich. Zawartość benzo[a]pirenu w badanych wyrobach nie przekraczała granicznej wartości 5 µg/kg, a suma czterech WWA z grupy tzw. ciężkich nie przekroczyła obowiązującej wartości 30 µg/kg, co świadczy o właściwie dobranych parametrach wędzenia.

Słowa kluczowe: mięso wieprzowe, wędliny, wędzonki, zanieczyszczenia technologiczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), benzo[a]piren

*Prof. dr hab. B. Waszkiewicz-Robak, dr hab. inż. A. Szterk, mgr inż. M. Rogalski, mgr inż. M. Kruk, mgr inż. E. Rokowska, mgr inż. M. Zarodkiewicz, mgr inż. J. Mikiciuk, Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa.
Kontakt: bozena_waszkiewicz_robak@sggw.pl*

Wprowadzenie

Powstawanie zanieczyszczeń technologicznych oraz dążenie do zminimalizowania ich zawartości w produktach żywnościowych poddanych obróbce termicznej jest coraz częściej analizowane w aspekcie bezpieczeństwa zdrowotnego żywności. Projektowanie produktów o unikatowych walorach sensorycznych, a równocześnie bezpiecznych wymaga optymalizacji procesu obróbki termicznej, np. wędzenia.

W przetwórstwie mięsa zmierza się do zmniejszania zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w wyrobach wędzonych, do czego obligują rygorystyczne rozporządzenia unijne limitujące zawartość tych związków. Zgodnie z rozporządzeniami WE nr 1881/2006 i nr 835/2011 w mięsie i produktach mięsnych, które poddano obróbce cieplnej, potencjalnie skutkującej tworzeniem się WWA, zawartość benzo[a]pirenu nie powinna przekraczać 5 µg/kg wyrobu, natomiast suma czterech ciężkich WWA (benzo[a]pirenu, benz[a]antracenu, benzo[b]fluorantenu i chryzenu) nie może przekraczać 30,0 µg w 1 kg produktu. Wymagania te będą obowiązywać do 31.08.2014 r., natomiast od 1.09.2014 r. maksymalną zawartość benzo[a]pirenu w mięsie i wyrobach mięsnych ograniczono do 2,0 µg/kg wyrobu, a suma czterech wymienionych ciężkich WWA nie będzie mogła przekroczyć 12 µg/kg produktu. Zaostrzenie wymagań w zakresie dopuszczalnych zawartości WWA w wyrobach wynika z właściwości rakotwórczych i mutagennych tych związków. WWA powstają w trakcie wytwarzania żywności szczególnie wtedy, gdy występuje niepełne spalanie materii organicznej w takich procesach, jak: wędzenie, grillowanie czy pieczenie na ruszcie. Spośród znanych WWA benzo[a]piren (B[a]P) ma najsilniejsze właściwości rakotwórcze, przyjmuje się więc, że może on stanowić swoisty marker będący odzwierciedleniem zawartości pozostałych WWA w produkcie spożywczym [8].

Aby ograniczyć zawartość WWA w wędzonych wyrobach mięsnych, należy stosować przemysłowe wędzarnie, które umożliwiają w pełni kontrolę procesu wędzenia pod względem wilgotności, czasu, temperatury, ilości dymu itp. W wędzarniach przemysłowych stosuje się generatory dymu, w których zachodzi powolne, kontrolowane spalanie materiału drzewnego, istnieje więc możliwość kontroli ww. parametrów [10]. Ilość WWA powstających podczas wędzenia żywności zależy od jakości dymu wędzarniczego, który jest aerozolem powstającym w wyniku wymieszania się gazowych, ciekłych i bardzo rozdrobnionych stałych produktów częściowego spalania drewna z powietrzem. Dym wędzarniczy wytwarzany jest głównie z drewna (w postaci trocin, zrębków lub kłoców) z ewentualnym zastosowaniem przypraw [11]. Kompleksowe badania w zakresie wpływu rodzaju drewna stosowanego do wytwarzania dymu wędzarniczego na ilość powstających WWA, w tym B[a]P, w wyrobach wieprzowych prowadzili Stumpe-Viksna i wsp. [22]. Autorzy wykazali, że pod względem bezpieczeństwa produktu najlepszy surowiec do wytwarzania dymu wędzarniczego pochodzi, w kolejności, z: jabłoni, olchy, węgla drzewnego, klonu, wiśni, jarzębiny, olchy z ja-

łowcem, osiki, śliwy, leszczyny i świerku. Znaczne zredukowanie zawartości WWA, szczególnie B[a]P, można uzyskać przez zastąpienie procesu wędzenia preparatami dymu wędzarniczego. Preparaty takie są otrzymywane ze skroplonego dymu wędzarniczego lub z produktów rozkładowej destylacji drewna, poddanych fizykochemicznej i chemicznej obróbce w celu uwolnienia ich od WWA i składników niepożądanych ze względów sensorycznych. W zależności od wędzarni można stosować system natryskowy lub proszkowy. Czasami preparat miesza się z farszem mięsnym, a wyrób mięsny nie jest już poddawany wędzeniu, tylko np. gotowaniu [14]. Innym sposobem ograniczania zawartości WWA w produktach mięsnych wędzonych jest stosowanie inteligentnych opakowań, np. z polietylenu o niskiej gęstości, które stwarzają możliwość częściowego usuwania (nawet do 50 % pierwotnej zawartości WWA) w czasie krótkotrwałego (24 h) przechowywania produktu wędzonego. Zasada działania takiego opakowania wykorzystuje właściwości fizykochemiczne WWA [1].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu procesu wędzenia wyrobów otrzymanych z mięsa wieprzowego o różnej jakości początkowej na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Oznaczano zawartość WWA w wyrobach wędliniarskich przed procesem wędzenia (w farszach) i po procesie wędzenia (w gotowych wyrobach grubo- i drobnorozdrobnionych). Do produkcji wyrobów zastosowano mięso o zróżnicowanym profilu kwasów tłuszczowych, co wynikało ze stosowania różnego źródła tłuszczu w paszy tuczników, od których mięso pozyskano.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły farsze (wsady wędliniarskie przed procesem formowania wędlin i przed ich wędzeniem) oraz wyroby gotowe (po wędzeniu): grubo- (kielbasa szynkowa) i drobnorozdrobnione (parówki). Wszystkie wyroby zostały przygotowane według tej samej technologii z mięsa wieprzowego o różnej jakości wyjściowej, tj. pozyskanego z różnych grup doświadczalnych zwierząt, którym z paszą podawano różny rodzaj tłuszczu:

- grupa A – dodatek do pasz oleju rzepakowego i lnianego w proporcji 2,5 : 1,
- grupa B – dodatek do pasz oleju rzepakowego, rybiego i smalcu w proporcji 1 : 2,3 : 0,2,
- grupa C – dodatek do pasz oleju lnianego i rybiego w proporcji 2,5 : 1,
- grupa D – dodatek do pasz oleju rzepakowego, lnianego i smalcu w proporcji 1 : 2 : 0,5.

Założenia technologiczne produkcji kielbas:

- a) gruborozdrobnionej (szynkowej): 1) mięso wieprzowe z szynki kl. III (udział 80 %), 2) wydajność gotowego produktu 105 ÷ 110 %, 3) bez dodatku fosforanów, 4) o obniżonej zawartości NaCl (maksymalnie 1,6 %, zastępując 20 % dodanego

chlorku sodu chlorkiem potasu), 5) o ograniczonym dodatku substancji dodatkowych (cytrynianu sodu, askorbinianu sodu, azotanu(III) sodu), 6) o obniżonej zawartości tłuszczu – maksymalnie 20 %, niezawierających substancji alergennych (pieprzu naturalnego, kolendry mielonej, gałki muszkatołowej).

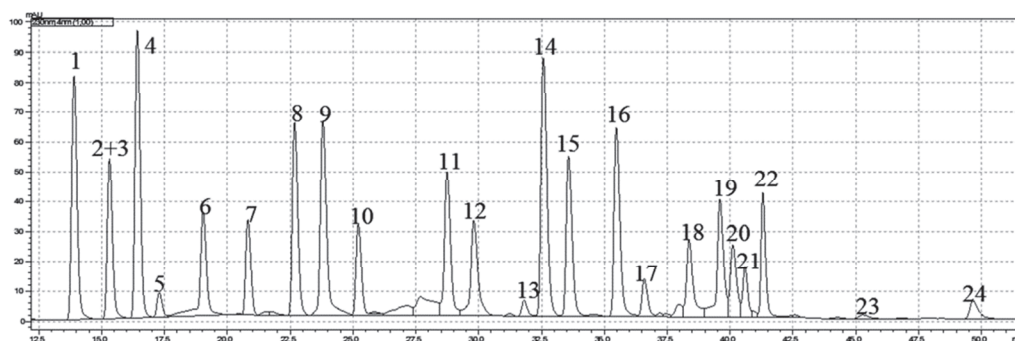
- b) drobnorozdrobnionej (parówek): 1) mięso wieprzowe z szynki kl. II i III (udział 80 %), podgardle skórowane 2) wydajność gotowego produktu $110 \div 115$ %, 3) bez dodatku fosforanów, 4) o obniżonej zawartości NaCl (maksymalnie 1,6 %, zastępując 20 % dodanego chlorku sodu chlorkiem potasu), 5) o ograniczonym dodatku substancji dodatkowych (cytrynianu sodu, askorbinianu sodu, azotanu(III) sodu), 6) o obniżonej zawartości tłuszczu – maksymalnie 20 %, niezawierających substancji alergennych (pieprzu naturalnego czarnego, gałki muszkatołowej).

Wędzenie: wszystkie wyroby były wyprodukowane i wędzone w tych samych warunkach i według takiej samej technologii, w skali półtechnicznej, w Instytucie Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, w Oddziale Technologii Mięsa i Tłuszczu w Warszawie w ramach podzadania 7.3. Projektu Biożywność. Wędzenie prowadzono przy zastosowaniu zewnętrznego generatora dymu, przy tych samych parametrach dla wszystkich wyrobów. Technologia wędzenia polegała na wytworzeniu dymu wędzarniczego w generatorze dymu, a następnie częściowym skropleniu wytworzonego dymu i kierowaniu do komory wędzarniczej (przy zastosowaniu odpowiednich filtrów) substancji niskowrzących – głównie substancji lotnych.

Oznaczenie zawartości WWA: zasada metody polegała na ekstrakcji tych związków z materiału badawczego, oczyszczeniu próbki za pomocą ekstrakcji do fazy stałej (SPE) oraz jakościowym i ilościowym oznaczeniu związków techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z detektorem fluorescencyjnym. Stosowano chromatograf cieczowy wyposażony w układ dwóch pomp gradientowych, pracowano przy przepływie eluentu 300 $\mu\text{l}/\text{min}$, rozdziału dokonywano w kolumnie chromatograficznej Agilent, ZORBAX Eclipse PAH, 1,8 μm , 100 mm \times 4,6 mm. Objętość próbki wprowadzanej na szczyt kolumny wynosiła 5 μl . Program gradientowy: A : B 50 : 50 – 5 \div 20 min, A : B 75 : 25 – 20 \div 30 min, A : B 78 : 22 – 30 \div 60 min, A : B 100 : 0 – 60 \div 70 min, powrót do warunków początkowych A : B 50 : 50. Analizę przeprowadzano z zastosowaniem standardów zewnętrznych (mieszanina 24 WWA wg H-QME 01, AccuStandard). WWA identyfikowano przy użyciu detektora fluorescencyjnego z programowaniem fal wzbudzenia i emisji. Na rys. 1. zamieszczono przykład rozdziału chromatograficznego oznaczanych WWA, natomiast na rys. 2. przykładowy chromatogram obrazujący obecność WWA w próbce rzeczywistej.

Zastosowana metoda charakteryzuje się wysokim odzyskiem oraz wysoką czułością. Odzysk metody w zależności od analizowanego węglowodoru wahał się w przedziale od 64 do 100,8 %. W przypadku większości węglowodorów poziom oznaczalności wynosił 100 fg/ μl (od 100 fg/ μl do 1 pg/ μl). Najmniejszą czułość uzyskano przy

oznaczania naftalenu, co spowodowane było tym, że cząsteczka ta stosunkowo słabo fluoryzuje. Poziom oznaczalności naftalenu wynosił 1 pg/ μ l, natomiast odzysk – 64 %. Najmniejsze odzyski osiągnięto w przypadku WWA o małych masach cząsteczkowych. Przy oznaczaniu B[a]P osiągnięto bardzo zadowalający poziom oznaczalności oraz wysoki odzysk. Metoda charakteryzuje się bardzo dobrym zakresem liniowości $r = 0,98$ w granicach od 100 fg/ μ l do 100 ng/ μ l. Ponadto metoda charakteryzowała się wysoką powtarzalnością wyników rzędu 98 - 95 %.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

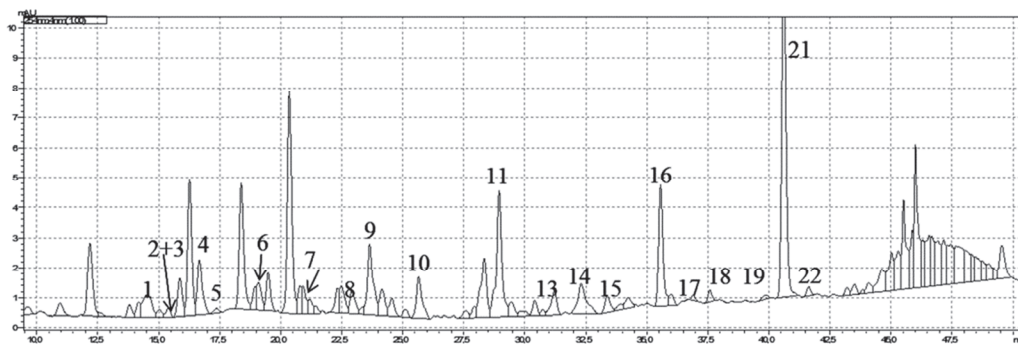
1 – naftalen/naphthalene; 2+3 – acenaften + acenaftylen/acenaphthene + acenaphthylene; 4 – fluoren/fluorene; 5 – fenantren/phenanthrene; 6 – antracen/anthracene; 7 – fluoranten/fluoranthene; 8 – piren/pyrene; 9 – benzo[c]fenantren/ benzo[c]phenanthrene; 10 – benzo[a]antracen/benzo[a]anthracene; 11 – chryzen/chrysene; 12 – 7,12-dimetylobenzo[a]antracen/7,12-dimethylbenz[a]anthracene; 13 – benzo[j]fluoranten/benzo[j]fluoranthene; 14 – benzo[e]piren/benzo[e]pyrene; 15 – benzo[b]fluoranten/benzo[b]fluoranthene; 16 – benzo[k]fluoranten/benzo[k]fluoranthene; 17 – benzo[a]piren/benzo[a]pyrene; 18 – dibenzo[a,l]piren/dibenzo[a,l]pyrene; 19 – dibenzo[a,h]antracen/dibenzo[a,h]anthracene; 20 – 3-metylocholantrén/3-methylcholanthrene; 21 – benzo[g,h,i]terylen / benzo[g,h,i]perylene; 22 – indeno [1,2,3-c,d]piren/indeno[1,2,3-cd]pyrene; 23 – dibenzo[a,h]piren/dibenzo[a,h]pyrene; 24 – dibenzo[a,i]piren/dibenzo[a,i]pyrene.

Rys. 1. Rozdział chromatograficzny oznaczanych WWA. Chromatogram uzyskany przy zastosowaniu detektora PDA i $\lambda = 290$ nm.

Fig. 1. Chromatographic separation of PAHs. Chromatogram obtained by using PDA detector at $\lambda = 290$ nm.

Pandey i wsp. [15] uzyskali wskaźnik detekcji B[a]P i innych WWA na poziomie 0,2 pg/ μ l. Modyfikacja metody w niniejszej pracy umożliwiła osiągnięcie znacznie lepszych wyników. Dla większości WWA limit oznaczalności wynosił 0,1 pg/ μ l. Osiągnięto większy odzysk metody, a był on uzależniony od rodzaju oznaczanego WWA. Obserwowano mniejsze odzyski WWA o mniejszych masach cząsteczkowych.

Zawartość tłuszczu oznaczano metodą ekstrakcyjną Soxhleta zgodnie z PN-ISO 1444:2000 [18]. Kwasy tłuszczowe oznaczano metodą chromatografii gazowej zgodnie z PN-EN ISO 5508:1996 [17].



Objaśnienia pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Przykładowy chromatogram obrazujący zawartość WWA w wybranym produkcie.

Fig. 2. Example of chromatogram to image the PAH content in selected product.

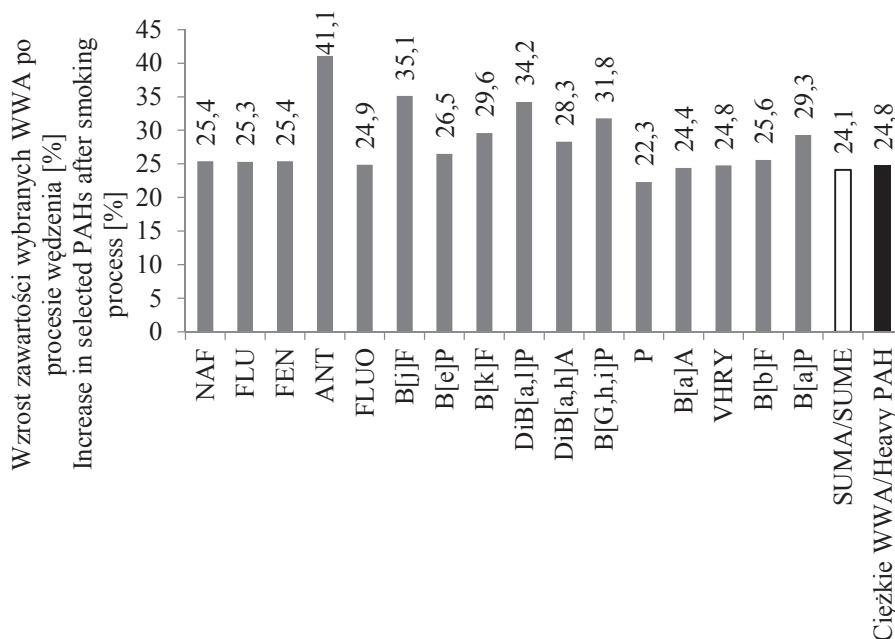
Analizę statystyczną wyników wykonano przy zastosowaniu programu komputerowego Excel oraz Statgraphics Centurion 15.2.11.0. Obliczano wartości średnie oraz odchylenie standardowe. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi analizowano za pomocą testu Tukeya. Przeprowadzono także wieloczynnikową analizę wariancji oraz test jednorodności grup, przy założonym poziomie istotności $p \leq 0,5$.

Wyniki badań i dyskusja

W tab. 1. przedstawiono zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) zidentyfikowanych w analizowanych kiełbasach gruborozdrobnionych: w surowym farszu (wsadzie) przed wędzeniem i w gotowych wyrobach wędzonych (kiełbasach szynkowych), natomiast w tab. 2. przedstawiono zawartość WWA w surowym farszu wyrobów drobnorozdrobnionych (przed wędzeniem) oraz w gotowych parówkach (po wędzeniu). Zarówno w farszach (wsadach wędliniarskich przed wędzeniem), jak i w wyrobach gotowych (po wędzeniu) oznaczono szeroki profil WWA, z przewagą lekkich WWA. Zawartość indeno[1,2,3-c,d]pirenu nie przekraczała $0,2 \mu\text{g}/\text{kg}$, a zawartość benzo[a]pirenu w żadnej próbce nie przekroczyła $1 \mu\text{g}/\text{kg}$. W badanych produktach nie stwierdzono zawartości 7,12-dimetylo-benzo[a]antracenu oraz 3-metylocholantrenu (3MET).

Wyniki badań wskazują, że wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne pochodzą w znaczących ilościach z surowców, gdyż stwierdzono je także w surowych farszach. Po procesie wędzenia zawartość WWA w gotowych wyrobach wzrosła od

ok. 22 % (piren) do ponad 41 % (antracen) w stosunku do ich zawartości w farszach. Wartości te były zbliżone zarówno w wędzonych kielbasach szynkowych, jak i w parówkach (rys. 3).



Objaśnienia jak w tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

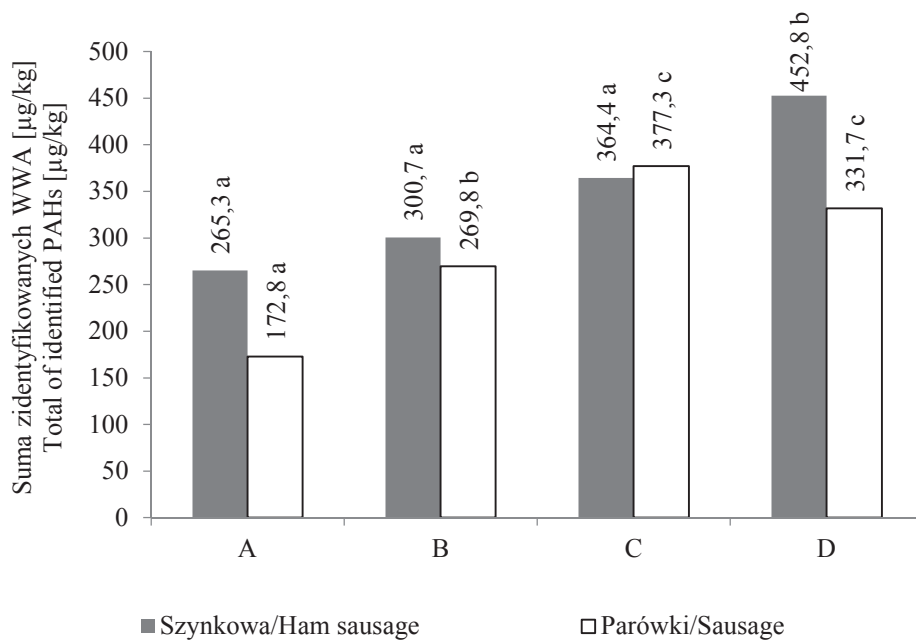
Rys. 3. Wzrost zawartości wybranych WWA po procesie wędzenia wyrobów grubo- i drobnorozdrobnionych wyrażony w procentach w stosunku do zawartości tych związków w produktach przed wędzeniem (farszach).

Fig. 3. Increase in selected PAHs after process of smoking coarsely and finely chopped cured meat products, expressed as percent content of them in products before smoking (in forcemeats).

Na rys. 4. przedstawiono łączną zawartość wszystkich zidentyfikowanych WWA w wędzonych wyrobach wędliniarskich otrzymanych z mięsa z różnych grup doświadczalnych. Stwierdzono, że najwięcej WWA powstało w obu badanych wyrobach (grubo- i drobnorozdrobnionych), gdy do ich produkcji stosowano mięso z grupy D, tj. mięso pozyskane ze zwierząt karmionych paszą, w której źródło tłuszczu stanowiła mieszanina oleju rzepakowego, lnianego i smalcu w układzie 1 : 2 : 0,5, a więc mieszanina z przewagą oleju lnianego. Natomiast najmniej wszystkich WWA powstawało w produktach otrzymanych z mięsa grupy A, tj. gdy zwierzętom podawano z paszą tłuszcz stanowiący mieszaninę olejów roślinnych z przewagą oleju rzepakowego.

W wyniku przeprowadzenia wieloczynnikowej analizy wariancji wykazano, że ogólna zawartość WWA istotnie zależy od wszystkich analizowanych czynników, tj.

od procesu wędzenia ($p = 0,0005$), rodzaju mięsa, z którego produkowane były wyroby ($p = 0,0001$) oraz asortymentu tych wyrobów ($p = 0,0004$) – tab. 3. Istotnie więcej WWA zawierały produkty po wędzeniu, wyprodukowane z mięsa pochodzącego z grup doświadczalnych C i D. Istotnie więcej WWA zawierały kielbasy szynkowe niż parówki.



Objaśnienie: / Explanatory note:

jednakowe oznaczenia literowe oznaczają brak istotnej różnicy między porównywanymi średnimi ($p < 0,05$) / the same letters denote no significant difference among means being compared ($p < 0,05$).

Rys. 4. Porównanie łącznej zawartości WWA w wyrobach grubo- i drobnorozdrobnionych otrzymanych z mięsa z różnych grup doświadczalnych.

Fig. 4. Comparison of total content of PAHs in coarse and finely minced cured meat products produced from meat from different experimental groups.

Tabela 1. Suma zidentyfikowanych WWA w wieprzowej kiełbasie szynkowej przed procesem wędzenia (w farszu) oraz po wędzeniu (w gotowym wyrobie).
 Table 1. Total PAHs identified in pork ham sausage before smoking (forcemeat) and after smoking (final product).

WWA PAHs	Zawartość WWA [$\mu\text{g}/\text{kg}$] w kiełbasie szynkowej z udziałem mięsa wieprzowego z różnych grup doświadczalnych Content of PAHs [$\mu\text{g}/\text{kg}$] in ham sausage with added pork from different experimental groups											
	Grupa A / Group A		Grupa B / Group B		Grupa C / Group C		Grupa D / Group D					
	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu the smoked	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking				
NAF	127,7 ^a ± 12,6	157,9 ^b ± 17,8	134,5 ^a ± 10,7	167,8 ^b ± 16,3	171,9 ^a ± 12,3	237,2 ^b ± 51,3	308,1 ^a ± 12,7	338,1 ^b ± 12,9				
ANAF	13,4 ^a ± 1,3	17,0 ^b ± 2,0	15,9 ^a ± 1,3	19,3 ^b ± 2,2	17,1 ^a ± 1,2	21,5 ^b ± 2,7	19,5 ^a ± 0,8	21,0 ^a ± 6,2				
FLU	8,1 ^a ± 0,8	10,1 ^b ± 1,1	9,1 ^a ± 0,7	10,8 ^a ± 1,5	8,5 ^a ± 0,6	10,4 ^b ± 0,6	8,0 ^a ± 0,3	9,2 ^b ± 2,2				
FEN	24,8 ^a ± 2,5	31 ^b ± 3,5	27,8 ^a ± 2,2	33,1 ^a ± 4,8	25,8 ^a ± 1,8	32,0 ^b ± 4,4	26,1 ^a ± 1,1	30 ^b ± 7,8				
ANT	2,2 ^a ± 0,2	2,7 ^b ± 0,3	2,5 ^a ± 0,2	2,9 ^a ± 0,6	1,9 ^a ± 0,1	2,4 ^b ± 0,3	2,1 ^a ± 0,1	2,4 ^a ± 0,7				
FLUO	10,4 ^a ± 1,0	13,7 ^b ± 2,4	15,2 ^a ± 1,2	17,5 ^a ± 3,7	10,9 ^a ± 0,8	13,7 ^b ± 1,7	11,8 ^a ± 0,5	13,7 ^a ± 3,1				
B[c]F	6,4 ^a ± 0,6	8,4 ^b ± 1,4	9,3 ^a ± 0,7	10,9 ^b ± 1,8	7,9 ^a ± 0,6	9,9 ^b ± 1,3	8,5 ^a ± 0,4	9,0 ^a ± 1,9				
7,12-DiB[a]A	nie wykryto / not detected											
B[j]F	2,5 ^a ± 0,2	3,9 ^b ± 2,1	7,1 ^a ± 0,6	8,7 ^b ± 0,9	7,8 ^a ± 0,6	8,8 ^a ± 3,1	2,8 ^a ± 0,1	3,2 ^b ± 0,7				
B[e]P	1,7 ^a ± 0,2	2,5 ^b ± 1,2	4,2 ^a ± 0,3	5,1 ^a ± 0,7	4,4 ^a ± 0,3	5,4 ^a ± 1,0	3,8 ^a ± 0,2	4,4 ^a ± 1,0				
B[k]F	0,2 ^a ± 0,0	0,3 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^b ± 0,0	0,5 ^a ± 0,0	0,6 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,1				
DiB[a,l]P	0,1 ^a ± 0,0	0,15 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,1	0,6 ^a ± 0,0	0,8 ^a ± 0,2	0,5 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,2				
DiB[a,h]A	2,5 ^a ± 0,2	3,1 ^b ± 0,4	2,3 ^a ± 0,2	2,8 ^b ± 0,3	2,5 ^a ± 0,2	3,0 ^b ± 0,6	2,0 ^a ± 0,1	2,3 ^a ± 0,7				

3MET	nie wykryto / not detected									
	0,2 ^a ± 0,0	0,3 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^b ± 0,0	0,5 ^b ± 0,0	0,6 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,1		
B[g,h,i]P										
I[1,2,3-cd]P	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0		
DiB[a,h]P	nie wykryto / not detected									
DiB[a,i]P	nie wykryto / not detected									
P	6,6 ^a ± 0,7	8,7 ^b ± 1,5	9,6 ^a ± 0,8	11,1 ^b ± 2,2	7,2 ^a ± 0,5	9,0 ^b ± 1,2	7,7 ^b ± 0,3	9,0 ^b ± 1,9		
B[a]A	0,9 ^a ± 0,1	1,2 ^a ± 0,3	1,6 ^a ± 0,1	1,9 ^a ± 0,3	1,4 ^a ± 0,1	1,8 ^b ± 0,3	1,3 ^a ± 0,1	1,5 ^a ± 0,3		
CHRY	2,3 ^a ± 0,2	3,2 ^b ± 0,9	4,3 ^a ± 0,3	5,1 ^a ± 0,7	4,1 ^a ± 0,3	5,0 ^b ± 0,8	3,7 ^a ± 0,2	4,4 ^a ± 0,9		
B[b]F	0,5 ^a ± 0,0	0,7 ^b ± 0,3	1,2 ^a ± 0,1	1,4 ^b ± 0,1	1,3 ^a ± 0,1	1,6 ^b ± 0,3	1,0 ^a ± 0,0	1,2 ^a ± 0,3		
B[a]P	0,2 ^a ± 0,0	0,3 ^b ± 0,1	0,5 ^a ± 0,1	0,6 ^a ± 0,1	0,5 ^a ± 0,0	0,7 ^b ± 0,1	0,7 ^a ± 0,0	0,8 ^a ± 0,3		

Objaśnienia / Explanatory notes:

jednakowe oznaczenia literowe oznaczają brak istotnej różnicy między porównywanymi średnimi w danej grupie (charakteryzującymi zawartość każdego WWA w wyrobach przed i po wędzeniu) ($p < 0,05$) / the same letters denote no significant difference among means being compared in the group (comparing the contents of each PAH in the product before and after the smoking) ($p < 0,05$).

NAF – naftalen / naphthalene; ANAF – nenaftylen + ncentfen/FLU – fluoren / fluorine; FEN – fenantren / phenantrene; ANT – antracen / anthracene; FLUO – fluoranten / fluoranthene, B[c]F – benzo[c]fluoren / benzo[c]fluorine, 7,12-dimetylo-benzo[a]lantracen / 7,12-DiB[a]A – 7,12-dimethylbenz[a]-anthracene; B[j]F – benzo[j]fluoranten / benzo[j]fluoranthene; B[e]P – benzo[e]piren / bezno[e]pyrene; B[k]F – benzo[k]fluoranten / benzo[k]fluoranthene; DiB[a,i]P dibenz[a,i]piren / dibenz[a,i]pyrene; DiB[a,h]A – dibenzo[a,h]antracen; 3MET – 3-metylocholantren / 3-methylcholanthrene; B[g,h,i]P – benzo[g,h,i]perylene / benzo[ghi]perylene; I[1,2,3-c,d]P – indeno [1,2,3-cd]piren / indeno[1,2,3-cd]pyrene; DiB[a,h]P – dibenzo[a,h]piren/dibenzo[a,h]pyrene; DiB[a,i]P – dibenzo[a,i]piren/dibenzo[a,i]pyrene; P – piren / pyrene; B[a]A – benzo[a]antracen / benzo[a]anthracene; CHRY – chryzenchrysene; B[b]F – benzo[b]-fluoranten / benzo[b]-fluoranthene; B[a]P –benzo[a]piren / benzo[a]pyrene;

Tabela 2. Suma zidentyfikowanych WWA w wieprzowych wyrobach drobnorozdrobnionych – parówkach przed wędzeniem oraz po wędzeniu.
Table 2. Total PAHs identified in pork finely minced sausages of bockwurst type before smoking (forcement) and after smoking (final product).

WWA PAHs	Zawartość WWA [$\mu\text{g}/\text{kg}$] w parówkach z udziałem mięsa wieprzowego z różnych grup doświadczalnych Content of PAHs [$\mu\text{g}/\text{kg}$] in sausages of bockwurst with pork from different experimental groups											
	Grupa A / Group A			Grupa B / Group B			Grupa C / Group C			Grupa D / Group D		
	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking	przed wędzeniem before smoking	po wędzeniu after smoking
NAF	75,1 ^a ± 3,4	93,9 ^b ± 7,8	83,4 ^a ± 5,9	110,4 ^b ± 20,7	123,9 ^a ± 10,4	157,3 ^b ± 17,9	157,6 ^a ± 9,1	183,1 ^b ± 32,6				
ANAF	8,0 ^a ± 0,4	11,2 ^b ± 3,1	14,7 ^a ± 1,0	19,9 ^b ± 4,6	24,0 ^a ± 2,0	28,2 ^b ± 6,0	18,7 ^a ± 1,1	21,3 ^b ± 4,5				
FLU	4,5 ^a ± 0,2	6,6 ^b ± 2,4	9,7 ^a ± 0,7	14,2 ^b ± 5,4	21,2 ^a ± 1,8	23,8 ^b ± 6,0	10,6 ^a ± 0,6	12,3 ^a ± 2,4				
FEN	13,5 ^a ± 0,6	19,4 ^b ± 6,6	27,8 ^a ± 2,0	41,3 ^b ± 17,4	63,8 ^a ± 5,4	71,6 ^a ± 17,7	32,6 ^a ± 1,9	37,7 ^a ± 7,3				
ANT	0,8 ^a ± 0,0	1,2 ^b ± 0,3	1,4 ^a ± 0,1	1,7 ^b ± 0,2	12,0 ^a ± 1,0	12,9 ^b ± 4,8	3,0 ^a ± 0,2	3,4 ^a ± 0,7				
FLUO	7,0 ^a ± 0,3	9,7 ^b ± 2,4	12,2 ^a ± 0,9	17,6 ^b ± 6,4	25,4 ^a ± 2,1	29,4 ^a ± 5,0	17,8 ^a ± 1,0	20,0 ^a ± 5,2				
B[c]F	5,5 ^a ± 0,2	7,9 ^b ± 2,7	11,4 ^a ± 0,8	13,3 ^a ± 2,3	7,8 ^a ± 0,7	10,1 ^b ± 1,5	10,8 ^a ± 0,6	12,2 ^a ± 3,1				
7,12-DiB[a]A	nie wykryto / not detected											
B[i]F	1,8 ^a ± 0,1	4,1 ^b ± 0,6	11,4 ^a ± 0,8	13,6 ^b ± 1,8	9,3 ^a ± 0,8	11,1 ^b ± 1,2	8,3 ^a ± 0,5	9,0 ^a ± 3,3				
B[e]P	2,3 ^a ± 0,1	3,5 ^b ± 1,7	5,8 ^b ± 0,4	6,9 ^b ± 0,9	4,6 ^b ± 0,4	5,7 ^b ± 0,5	4,9 ^a ± 0,3	5,4 ^a ± 1,9				
B[k]F	0,2 ^a ± 0,0	0,3 ^a ± 0,2	0,6 ^a ± 0,0	0,7 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,0	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,2				
DiB[a,i]P	0,2 ^a ± 0,0	0,4 ^b ± 0,2	1,0 ^a ± 0,1	1,2 ^a ± 0,3	0,5 ^a ± 0,0	0,6 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,2				
DiB[a,h]A	0,9 ^a ± 0,0	1,7 ^b ± 1,7	4,2 ^a ± 0,3	4,8 ^a ± 1,0	2,5 ^a ± 0,2	3,1 ^b ± 0,3	2,7 ^a ± 0,2	3,2 ^b ± 0,4				
3MET	nie wykryto / not detected											
B[g,h,i]P	0,2 ^a ± 0,0	0,4 ^b ± 0,2	0,7 ^a ± 0,0	0,8 ^a ± 0,1	0,5 ^a ± 0,0	0,6 ^a ± 0,1	0,5 ^a ± 0,0	0,5 ^a ± 0,1				
I[1,2,3-c,d]P	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,2 ^a ± 0,0	0,2 ^a ± 0,0	0,2 ^a ± 0,0	0,2 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0	0,1 ^a ± 0,0				
DiB[a,h]P	nie wykryto / not detected											
DiB[a,i]P	nie wykryto / not detected											
P	4,9 ^a ± 0,2	6,3 ^b ± 0,7	6,2 ^a ± 0,4	8,1 ^b ± 1,2	8,5 ^a ± 0,7	10,8 ^b ± 1,4	11,2 ^a ± 0,6	12,6 ^a ± 3,2				
B[a]A	0,9 ^a ± 0,0	1,3 ^b ± 0,5	1,9 ^a ± 0,1	2,5 ^b ± 0,2	1,7 ^a ± 0,1	2,1 ^b ± 0,2	1,9 ^a ± 0,1	2,1 ^a ± 0,6				
CHRY	2,3 ^a ± 0,1	3,5 ^b ± 1,6	5,8 ^a ± 0,4	7,0 ^b ± 0,7	5,4 ^a ± 0,5	6,6 ^b ± 0,6	5,1 ^a ± 0,3	5,6 ^a ± 1,7				
B[b]F	0,6 ^a ± 0,0	1,0 ^b ± 0,8	2,3 ^a ± 0,2	2,7 ^a ± 0,4	1,6 ^a ± 0,1	1,9 ^a ± 0,2	1,4 ^a ± 0,1	1,5 ^a ± 0,5				
B[a]P	0,2 ^a ± 0,0	0,4 ^b ± 0,3	0,8 ^a ± 0,1	1,0 ^a ± 0,1	0,7 ^b ± 0,1	0,8 ^a ± 0,1	0,6 ^a ± 0,0	0,7 ^b ± 0,2				

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Tabela 3. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji określające wpływ procesu wędzenia, rodzaju mięsa oraz asortymentu wyrobu wędliniarskiego na łączną zawartość WWA w badanych wyrobach.
Table 3. Results of multivariate analysis of variance to determine impact of smoking process, type of meat, and assortment of cured meat products on total content of PAHs in products analysed.

Źródło zmienności Source of variance	n	Wartość / Value			Grupy homogenne Homogeneous groups	p
		\bar{x}	min min	max max		
Asortyment / Assortment						
Parówki Bockwurst sausages	36	260,1	238,6	281,7	a	0,0004
Szynkowa / Ham sausage	36	315,9	294,3	337,4	b	
Rodzaj mięsa – Grupa doświadczalna Type of meat – Experimental group						
A	18	192,9	162,9	223,1	a	0,0000
B	18	255,4	225,3	285,5	b	
C	18	335,7*	305,6	365,8	c	
D	18	367,9*	337,8	397,9	c	
Forma wyrobu / Form of product						
Przed wędzeniem Before smoking	24	259,1	233,5	284,8	a	0,0005
Po wędzeniu After smoking	48	316,9	298,7	334,9	b	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

\bar{x} - wartość średnia / mean value; p – poziom istotności / p-value;

a, b, c – jednakowe oznaczenia literowe w poszczególnych grupach czynników oznaczają brak istotnej różnicy między porównywanymi średnimi / the same letters in individual groups of factors denote no significant differences among the compared means;

* brak istotnych różnic między wartościami średnimi porównywanymi w grupach czynników / no statistically significant differences among mean values being compared in groups of factors.

Ilość powstających WWA w poszczególnych grupach asortymentowych wyrobów była związana z zawartością w nich tłuszczu. Produkty z mięsa z grupy D, w których stwierdzono najwięcej WWA, zawierały najwięcej tłuszczu zarówno przed, jak i po procesie wędzenia (tab. 4).

Na rys. 5. przedstawiono zawartość WWA tzw. ciężkich (benz[a]antracenu, benzo[b]fluorantenu, chryzenu i benzo[a]pirenu) oraz benzo[a]pirenu w badanych wędlinach.

W przypadku ciężkich WWA najwięcej tych związków powstawało w wyrobach otrzymanych z mięsa z grup B i C, natomiast wyroby z grupy D zawierały istotnie więcej ciężkich WWA niż wyroby otrzymane z mięsa z grupy A. W grupie D jako źródło tłuszczu w paszy zwierząt stosowano przewagę oleju lnianego, natomiast w grupie B i C jako źródło tłuszczu zastosowano dodatkowo olej rybi, co sprzyjało

zwiększonej zawartości kwasów tłuszczowych *n-3* w mięsie, a przez to w wyrobach, w porównaniu z innymi grupami (tab. 5).

Tabela 4. Zawartość tłuszczu w badanych produktach przed i po procesie wędzenia.
Table 4. The fat content of examined products before and after the smoking process.

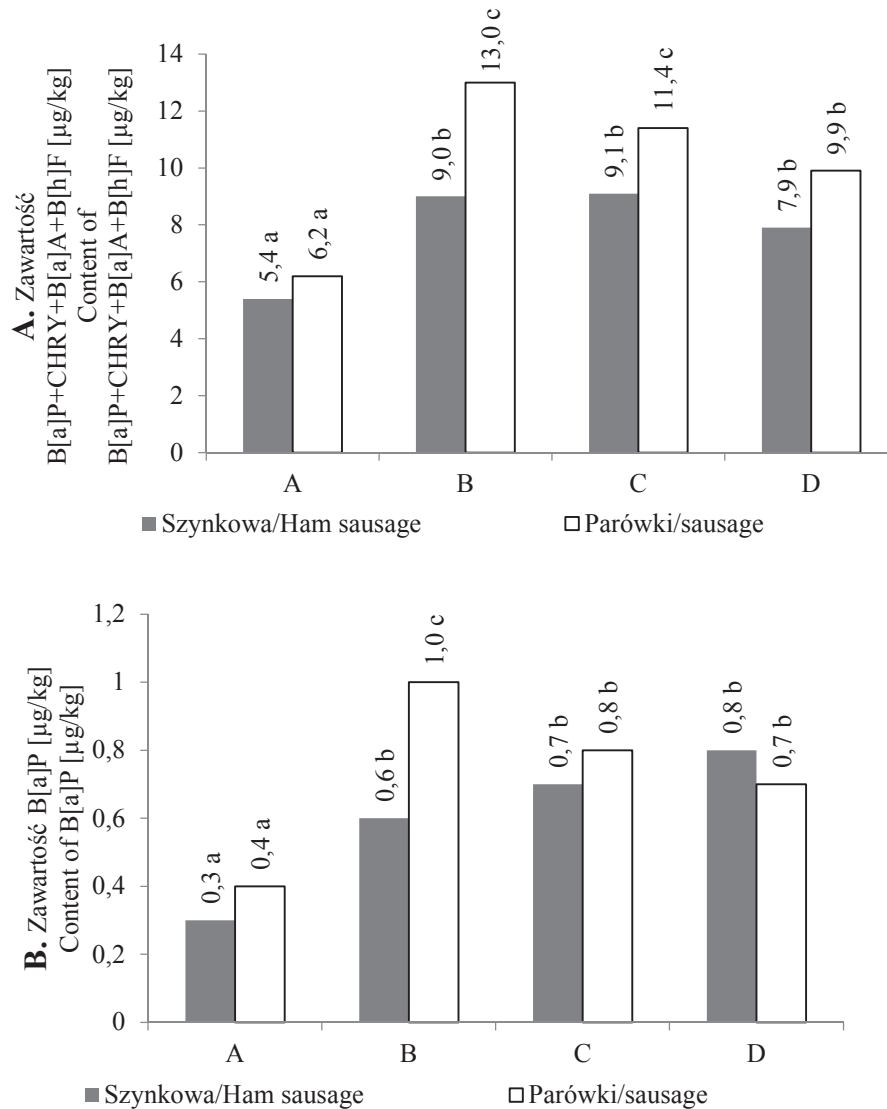
Rodzaj wędliny Type of cured meat product		Zawartość tłuszczu w wyrobach otrzymanych z mięsa z grup doświadczalnych [g/100 g] Content of fat in meat products obtained from experimental group [g/100 g]			
		A	B	C	D
Grubo rozdrobniona – kiełbasa szynkowa Coarsely minced ham sausage	przed wędzeniem before smoking	2,70 ± 0,22	2,45 ± 0,34	2,11 ± 0,41	3,23 ± 0,40
	po wędzeniu after smoking	2,91 ± 0,17	2,71 ± 0,17	2,56 ± 0,16	3,56 ± 0,25
Drobno rozdrobniona – parówki Finely minced product – bockwurst sausages	przed wędzeniem before smoking	13,69 ± 0,07	13,86 ± 0,47	13,72 ± 0,04	15,36 ± 0,48
	po wędzeniu after smoking	13,70 ± 0,42	14,75 ± 1,22	13,03 ± 2,61	14,53 ± 0,52

Objaśnienie: / Explanatory note:

wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation.

Najważniejsze jest, że zawartość B[a]P w wyrobach wędzonych nie przekraczała w żadnej próbkę dopuszczalnej normy ustalonej na poziomie 5 µg/kg produktu (rys. 5B). Również suma 4 ciężkich WWA (benzo[a]pirenu – B[a]P, benzo[a]antracenu – B[a]A, benzo[b]fluorantenu – B[b]F i chryzenu) nie przekraczała 30,0 µg/kg produktu (rys. 5A). Biorąc pod uwagę wyniki uzyskane w tym doświadczeniu, należy stwierdzić, że wszystkie wyroby spełniające powyższe wymagania nie stanowią zagrożenia zdrowotnego zgodnie z rozporządzeniami WE 1881/2006 [20] i 835/2011 [19].

W wyniku przeprowadzenia wieloczynnikowej analizy wariancji wykazano, że na zawartość czterech ciężkich WWA istotnie wpływały zarówno proces wędzenia ($p = 0,0002$), rodzaj mięsa, z którego wyroby otrzymano ($p = 0,00001$), jak i asortyment wyrobu wędliniarskiego ($p = 0,0004$) – tab. 6.



Objaśnienie: / Explanatory note:

jednakowe oznaczenia literowe oznaczają brak istotnej różnicy między porównywanymi średnimi ($p < 0,05$) / the same letters denote no significant difference among the compared means ($p < 0.05$).

Rys. 5. Porównanie zawartości: A – sumy benzo[a]pirenu, chryzenu, benzo[a]antracenu i benzo[b]fluorantenu, B – benzo[a]pirenu w wyrobach grubo- i drobnorozdrobnionych otrzymanych z mięsa z różnych grup doświadczalnych.

Fig. 5. Comparison of contents: A – total of benzo[a]pyrene, chrysene, benzo[a]anthracene and benzo[b]fluoranthene; B – benzo[a]pyrene in coarsely and finely minced cured meat products produced from meat from different experimental groups.

Tabela 5. Zawartość kwasów tłuszczowych wyrażonych w mg/100 g mięsa/gotowego wyrobu.

Table 5. Fatty acid content expressed in mg/100g of meat/final meat product.

Rodzaj produktu Type of product	Grupy kwasów tłuszczowych Fatty acid groups	Zawartość kwasów tłuszczowych [mg/100 g mięsa/wyrobu] Content of fatty acids [mg/100 g of meat/product]			
		A	B	C	D
Surowe mięso (mielona półtusza) Raw meat (minced half carcass)	n-3 PUFA	707,3	724,8	1379,5	1125,7
	n-6 PUFA	2617,8	3315,1*	3845,4	3080,1*
Kielbasa szynkowa Ham sausage	n-3 PUFA	92,9	79,4	118,3	141,0
	n-6 PUFA	376,5*	384,8*	479,9**	453,7**
Parówki Bockwurst sausages	n-3 PUFA	555,8*	380,5	543,4*	731,8
	n-6 PUFA	2438,5	2218,4*	1880,3	2288,6*

Objaśnienie: /. Explanatory note:

* lub ** – brak istotnych różnic między średnimi porównywanymi w wierszach ($p < 0,05$) / * or ** no statistically significant differences among compared means in lines ($p < 0,05$).

Tabela 6. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji określające wpływ procesu wędzenia, rodzaju mięsa oraz asortymentu wyrobu wędliniarskiego na zawartość sumy benzo[a]pirenu, chryzenu, benzo[a]antracenu i benzo[b]fluorantenu w badanych wyrobach.

Table 6. Results of multivariate analysis of variance to determine impact of smoking process, type of meat, and assortment of cured meat products on content of total benzo[a]pyrene, chrysene, benzo[a]anthracene, and benzo[b]fluoranthene in products analyzed.

Źródło zmienności Source of variance	n	Wartość / Value			Grupy homogenne Homogeneous groups	p
		\bar{x}	min min	max max		
Asortyment / Assortment						0,0004
Parówki Bockwurst sausages	36	9,2	8,6	9,8	a	
Szynkowa / Ham sausage	36	7,1	6,5	7,7	b	
Rodzaj mięsa – Grupa doświadczalna / Type of meat–Experimental group						0,0000
A	18	4,9	4,1	5,7	a	
B	18	10,1	9,3	10,9	c	
C	18	9,4b*	8,5	10,7	b	
D	18	8,3*	7,4	9,1	b	
Forma wyrobu / Form of the product						0,0002
Przed wędzeniem Before smoking	24	7,3	6,7	8,0	a	
Po wędzeniu / After smoking	48	8,9	8,5	9,5	b	

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Istotnie więcej WWA zawierały produkty wędzone wyprodukowane z mięsa pochodzącego z grup doświadczalnych C i B. Istotnie więcej ciężkich WWA zawierały parówki, tj. odwrotnie niż w przypadku ogólnej zawartości WWA.

W produkcji kielbas szynkowych i parówek z zastosowaniem mięsa o różnej jakości wyjściowej stosowano te same dodatki i parametry technologiczne. Można więc wnioskować, że zróżnicowana zawartość tłuszczu w wyrobach może wynikać ze zróżnicowanej zawartości tłuszczu w mięsie. Parówki otrzymane z mięsa z grupy D zawierały ok. $1,5 \div 2$ % więcej tłuszczu niż z grupy A, natomiast kielbasa szynkowa z mięsa z grupy D zawierała 3,56 % tłuszczu wobec 2,91 % z grupy A. Zróżnicowana zawartość tłuszczu w mięsie wynikała z kolei z rodzaju tłuszczu, jaki był dodawany do pasz tuczników.

Do żywienia tuczników zastosowano m.in. olej lniany lub mieszaninę oleju lnianego i rybiego. Stosowanie w żywieniu zwierząt tłuszczu o dużej zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie z grupy *n-3* (np. oleju lnianego, rybiego), powoduje większe ich odkładanie w tkance mięśniowej organizmu zwierzęcia oraz w tłuszczu podskórnym zwierząt. Wpływa to na zmianę profilu kwasów tłuszczowych w tłuszczu wieprzowym [16], który prawdopodobnie charakteryzuje się luźniejszą konsystencją – bardziej płynną w niższej temperaturze. W związku z powyższym, stosowanie w produkcji wyrobów wędliniarskich surowca o podwyższonej zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych (z grupy doświadczalnej B, C i D) powoduje, że w trakcie procesu wędzenia prawdopodobnie zmniejsza się opór dyfuzji WWA z dymu wędzarniczego do produktu. Dyfuzja ta znacznie łatwiej zachodzi na granicy gaz – ciecz (bardziej płynny tłuszcz) niż na granicy gaz – ciało stałe. W efekcie końcowym wyroby otrzymane z mięsa z grup D oraz B i C charakteryzowały się większą zawartością WWA po procesie wędzenia.

Udział tłuszczu w produkcie poddawanym wędzeniu jest dość istotny, gdyż WWA jako związki dobrze rozpuszczalne w lipidach dyfundują z dymu wędzarniczego i rozpuszczają się w tłuszczu znajdującym się na powierzchni wyrobu mięsnego, co wykazano w innych pracach [4, 10]. Kubiak i *wsp.* [12] badali rynkowe przetwory mięsne i stwierdzili najmniejszą zawartość B[a]P w produktach drobiowych wędzonych, niezależnie od sortymentu, co uwarunkowane było m.in. małym stopniem otluszczenia tego surowca. Ciecierska i Obiedziński [2] dowiedli, że produkty poddane tradycyjnemu wędzeniu odznaczały się wyższym poziomem zanieczyszczenia WWA, natomiast niższym poziomem zanieczyszczenia związkami WWA odznaczały się produkty, które zostały poddane wędzeniu w warunkach przemysłowych.

Mała zawartość WWA w produktach badanych w niniejszej pracy spowodowana była zastosowaniem nowoczesnej technologii wędzenia, opracowanej przez Oddział Technologii Mięsa i Tłuszczu Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie. Zastosowanie tej technologii umożliwiło znaczącą redukcję WWA,

w tym głównie benzo[a]pirenu, przy zachowaniu smaku i zapachu typowego dla produktów wędzonych w dymie wędzarniczym. Podobnie Šimko [21] wykazał, że wędzenie produktów w nowoczesnych komorach wędzarniczych z tzw. zewnętrznym generatorem dymu decyduje o powstawaniu względnie niskich poziomów zanieczyszczenia, zwłaszcza ciężkimi WWA.

Spośród wielu zidentyfikowanych WWA wyróżnia się 33 najważniejsze, z których 16 uznaje się za genotoksyczne oraz rakotwórcze. Stwierdzono, że oznaczenie tych 16 WWA jest wystarczające do oceny stopnia zanieczyszczenia żywności tymi związkami. Przez długi czas uważano, że benzo[a]piren może być swoistym markerem obecności wszystkich WWA w produktach spożywczych. Obecnie wiadomo jednak, że B[a]P badany jako jedyny WWA nie jest wystarczającym markerem oszacowania ilości substancji kancerogennych dostarczanych wraz z pożywieniem, dlatego też rekomenduje się oznaczanie B[a]P łącznie z pozostałymi 15 priorytetowymi WWA [5, 6]. Jasna i wsp. [8] badali zawartość 16 najważniejszych WWA zgodnie z wymaganiami UE w sześciu różnych przetworach mięsnych pochodzących z Serbii, poddanych procesowi wędzenia. Były to: szynka wołowa, szynka wieprzowa, bekon bez skóry, bekon ze skórą oraz dwa rodzaje kielbas („cajna” i „sremska”). W żadnym z badanych wyrobów nie stwierdzono przekroczenia zawartości B[a]P powyżej 5 µg/kg. B[a]P stanowił ok. 4,6 % sumy zidentyfikowanych i oznaczanych 16 WWA oraz 15,2 % 12 WWA zgodnie z IARC [7]. Podobne wyniki uzyskali Ciecierska i Obiedziński [3]. Warto podkreślić, że w badaniach własnych zawartość benzo[a]pirenu nie była przekroczona ponad określony limit, pomimo zmiany profilu kwasów tłuszczowych i zmiany konsystencji wyrobów wędliniarskich. Umożliwia to wyprodukowanie wyrobów o podwyższonej zawartości cennych kwasów tłuszczowych (podwyższonej jakości prozdrowotnej) bez znacznego wzrostu zanieczyszczeń technologicznych, jakimi są WWA, które skutecznie przyczyniają się do obniżenia jakości produktu.

Dostępnych jest wiele badań różnicujących asortymenty wyrobów wędliniarskich pod względem zawartości WWA i benzo[a]pirenu. Badania te miały głównie na celu ocenę ich bezpieczeństwa zdrowotnego [9, 13, 23]. Natomiast nie jest dość wyczerpująco przebadany wpływ jakości surowca na profil i ilość WWA powstających wskutek prowadzonej obróbki wysokotemperaturowej o tych samych parametrach. W niniejszej pracy stwierdzono, że ogólna ilość WWA powstających w czasie wędzenia wyrobu wzrasta, gdy surowiec zawiera więcej tłuszczu. Natomiast ilość powstających WWA z grupy tzw. ciężkich, w czasie wędzenia zależy od profilu kwasów tłuszczowych lipidów zawartych w surowcu i jest tym większa, im więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych zawiera surowiec. Dodatek do pasz olejów: lnianego i rybiego prawdopodobnie przyczyniał się do zmiany profilu kwasów tłuszczowych w mięsie, co z kolei sprzyjało większej generacji łącznej zawartości WWA, jak również WWA nazywanych ciężkimi, w tym benzo[a]pirenu.

Dość duża zawartość WWA w produktach przed procesem wędzenia może wynikać także z jakości surowców zastosowanych do produkcji wędlin, w tym mięsa oraz różnych przypraw. Czynnikiem, który może mieć wpływ na zawartość WWA w surowym mięsie może być stopień zanieczyszczenia tymi substancjami olejów roślinnych podawanych tucznikom w paszy. Należy więc dokładać wszelkich starań, aby uzyskać surowiec mięsny o jak najniższej początkowej zawartości WWA, gdyż w ten sposób można minimalizować ilość WWA w wędzonych produktach wędliniarskich.

Wnioski

1. Dość duża zawartość WWA w farszach, z których otrzymywano kielbasę szynkową (wyrób gruborozdrobniony) i parówki (wyrób drobnorozdrobniony) świadczy o tym, że znaczna ilość WWA (ponad 55 %) pochodzi z surowców.
2. Po procesie wędzenia w skali półtechnicznej kielbasy szynkowej i parówek, zawartość poszczególnych WWA wzrasta przeciętnie od ok. 22 do ok. 41 %, za wyjątkiem I[1,2,3-c,d]P.
3. Rodzaj tłuszczu dodawanego do paszy tuczników, z których pozyskiwane jest mięso jako surowiec do produkcji wyrobów wędliniarskich, istotnie wpływa na ilość i rodzaj WWA powstających po procesie wędzenia.
4. Ogólna ilość WWA powstających w czasie wędzenia wyrobu wzrasta, gdy surowiec zawiera więcej tłuszczu. Ilość powstających WWA z grupy tzw. ciężkich, w czasie wędzenia zależy od profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu zawartego w surowcu i jest tym większa, im surowiec zawiera więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego "BIOŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego" nr POIG.01.01.02-014-090/09, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 - 2013.

Literatura

- [1] Chen J., Chen S.: Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons by low density polyethylene from liquid model and roasted meat. *Food Chem.*, 2005, **90**, 461-469.
- [2] Ciecierska M., Obiedziński M.: Influence of smoking process on polycyclic aromatic hydrocarbons' content in meat products. *Acta Sci. Pol., Technol. Alimen.*, 2007, **6 (4)**, 17-28.
- [3] Ciecierska M., Obiedziński M.: Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w produktach mięsnych wędzonych oznaczona metodą GC-MS. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012, **XLV(3)**, 402-407.
- [4] Ciecierska M., Teodorska M., Dasiewicz K., Obiedziński M.: Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz ich zależności w produktach mięsnych wędzonych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2010, **XLIII(1)**, 93-100.

- [5] EFSA: A Report from the Unit of Data Collection and Exposure on a Request from the European Commission Findings of the EFSA Data Collection on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. EFSA/DATEX/002 (revision 1), 2008, pp. 1-55.
- [6] EFSA: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. Question N° EFSA-Q-2007-136, Adopted on 9 June 2008.
- [7] IARC: Agents Classified by the IARC Monographs, Vol. 1-100 Dostęp w Internecie[04.05.2011]: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.
- [8] Jasna D, Popovic A., Jira W.: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from Serbia. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 449-456.
- [9] Jira W.: Polycyclic aromatic hydrocarbons in German smoked meat products. *Eur Food Res. Technol.*, 2010, **230**, 447-455.
- [10] Jnovic D., Popovic A., Jira W.: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditional and industrial smoked beef and pork ham from Serbia. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **227**, 1191-1198.
- [11] Kostyra E.: Dym wędzarniczy i preparat dymu wędzarniczego. Skład, właściwości, zastosowanie. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 2005, **5(2)**, 48-50.
- [12] Kubiak M.S., Polak M., Siekierko U.: Zawartość B[A]P w rynkowych przetworach mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 3 (76), 120-129.
- [13] Lorenzo J.M., Purrinos L., Garcia Fontan M.C., Franco D.: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two Spanish traditional smoked sausage varieties: "Androlla" and "Botillo". *Meat Sci.*, 2010, **86**, 660-664.
- [14] Makąła H.: Substancje smakowo-zapachowe w przetwórstwie mięsa. *Przem. Spoż.*, 2010, **65(5)**, 22-24.
- [15] Pandey M.K., Mishra K.K., Khanna S.K., Das M.: Detection of polycyclic aromatic hydrocarbons in commonly consumed edible oils and their likely intake in the Indian population. *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, 2004, **12**, 1131-1136.
- [16] Piotrowska A., Świąder K., Waszkiewicz-Robak B., Świdorski F.: Możliwości uzyskania mięsa i przetworów z mięsa wieprzowego o podwyższonej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **5(84)**, 5-19.
- [17] PN-EN ISO 5508:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- [18] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- [19] Rozporządzenie Komisji (UE) NR 835/2011 z dnia 19 sierpnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 odnośnie do najwyższych dopuszczalnych poziomów wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w środkach spożywczych. *Dz. U. UE*, L 214/4 z dnia 20.08.2011 r.
- [20] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektóre zanieczyszczeń w środkach spożywczych. *Dz. Urz. UE*, L 364/5 z dnia 20.12.2006 r.
- [21] Šimko P.: Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *J. Chromat. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.*, 2002, **770(1-2)**, 3-18.
- [22] Stumpe-Viksna I., Bartkevics V., Kukare A., Morozovs A.: Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chem.*, 2008, **110(3)**, 794-797.
- [23] Wretling S., Eriksson A., Eskhult G.A., Larsson B.: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish. *J. Food Comp. Anal.*, 2010, **23**, 264-272.

EFFECT OF PROCESS OF SMOKING MEAT PRODUCTS FROM PORK SHOWING WITH DIFFERENT INITIAL QUALITY ON CONTENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS

Summary

Under the research study, the effect was determined of the process of smoking meat products from meat of different initial quality on the content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). The amount of PAHs was determined in coarse-and fine-minced cured meat products (ham sausages, 'bockwurst' type sausages) before they were smoked (forcemeat) and after the completed smoking process (final products). Meats of different fatty acid profiles were used to produce meat products; their fatty acid profiles differed, because fat from different fat sources was utilized to feed porkers. 21 different types of PAHs were determined and identified, and the contents of benzo[a]pyrene and, chrysene, benzo[a]anthracene, and benzo[b]fluoranthene) were particularly accurately analysed. It was found that the smoking of meat products contributed to the increase in the content of individual PAH from ca. 22 to 40 % compared to their contents in the products before smoking. It was also proved that the type of fat added to foders for porkers used, next, as a raw material to produce cured meat products, significantly impacted the amount and type of PAHs in final meat products. The addition of linseed oil and fish oil in foders for porkers contributed to the change in the fatty acid profile of meat; this fact encouraged the formation of a higher total amount of PAHs including the so-called heavy PAHs. The content of B[a]P in the products analysed did not exceed the limit value of 5 µg/kg, and the total of 4 PAHs from the 'heavy group' did not exceed the enforced, compulsory value of 30 µg/kg; this confirmed that the smoking parameters chosen were appropriate.

Key words: pork, cured meat products, smoked products, process contaminants, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), benzo[a]pyrene ☒



INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



KAROLINA M. WÓJCIAK, ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI,
DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA

**STABILNOŚĆ OKSYDACYJNA EKOLOGICZNEJ KIEŁBASY
SUROWO DOJRZEWAJĄCEJ Z DODATKIEM PROBIOTYCZNEGO
SZCZEPU *LACTOBACILLUS CASEI* LOCK 0900 I SERWATKI
KWASOWEJ**

Streszczenie

Celem badań była ocena stabilności oksydacyjnej kielbasy surowo dojrzewającej z dodatkiem serwatki kwasowej lub probiotyku (*Lb. casei* LOCK 0900) podczas czteromiesięcznego okresu chłodniczego przechowywania (4 °C).

Wyprodukowano cztery warianty doświadczalne wyrobu: K – peklowaną kielbasę kontrolną (2,8 % peklosoli), L – kielbasę z solą morską (2,8 %) i szczepem probiotycznym *Lb. casei* LOCK 0900 (log 6,3 jtk/g), S – kielbasę z solą morską (2,8 %) i serwatką kwasową (5,0 %) oraz LG – kielbasę z solą morską (2,8 %), probiotykiem i glukozą (0,6 %).

Badania obejmowały oznaczenie: wartości pH, aktywności wody (a_w), potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP), liczby nadtlenkowej (LOO), wskaźnika TBARS, krzywej reflektanci, a także wskaźnika utlenienia i wskaźnika 650/570 nm charakteryzującego barwę wyrobu po procesie dojrzewania (0) oraz po czteromiesięcznym okresie chłodniczego przechowywania. Oznaczono również liczbę bakterii kwasu mlekowego (LAB) po czteromiesięcznym okresie przechowywania.

Stwierdzono istotnie niższą ($p < 0,001$) wartość pH w próbie z dodatkiem bakterii probiotycznych i glukozy (LG) oraz w próbie z dodatkiem serwatki kwasowej (S) w porównaniu z pozostałymi próbkami bezpośrednio po dojrzewaniu oraz podczas przechowywania. Istotnie niższe ($p < 0,05$) wartości liczby nadtlenkowej obserwowano po dojrzewaniu w próbie kontrolnej (K) oraz w próbie z probiotykiem (L) w porównaniu z pozostałymi próbkami. We wszystkich wyrobach, z wyjątkiem próby z probiotykiem i glukozą (LG), wartość liczby nadtlenkowej istotnie zwiększyła się o ok. 2,0 meqO₂/kg po czteromiesięcznym przechowywaniu. Istotnie wyższe ($p < 0,001$) wartości wskaźnika TBARS obserwowano w próbach z dodatkiem serwatki kwasowej (S) oraz probiotyku i glukozy (LG) w porównaniu z pozostałymi próbkami. Procesy oksydacyjne przebiegały najwolniej w próbie peklowanej (K). W próbach z dodat-

Dr inż. K. M. Wójciak, prof. dr hab. Z. J. Dolatowski, Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 20, 20-704 Lublin, prof. dr hab. D. Kołożyn-Krajewska, Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: karolina.wojciak@up.lublin.pl

kiem szczepu *Lb. casei* LOCK 0900 wariant z dodatkiem glukozy (LC) charakteryzował się najniższym wskaźnikiem utleniania oraz wskaźnikiem 650/570 nm świadczącym o wytworzeniu w wyrobie barwy zbliżonej do barwy wyrobu peklowanego. Najwyższą wartość wskaźnika 650/570 nm uzyskano w próbie z dodatkiem serwatki kwasowej (S) po dojrzewaniu oraz po czteromiesięcznym przechowywaniu. Stabilność oksydacyjna badanych prób malała według następującej kolejności: K > LG > L > S. We wszystkich próbach badawczych obserwowano liczbę pałeczek bakterii mlekowych w liczbie wyższej niż log 7,0 jtk/g.

Słowa kluczowe: kielbasa surowo dojrzewająca, probiotyk, serwatka kwasowa, sól morską, glukoza, ekologiczne wyroby mięsne

Wprowadzenie

Konsument coraz częściej poszukuje żywności powstałej w warunkach zbliżonych do naturalnych, spełniającej jego oczekiwania odżywcze, niezawierającej pozostałości antybiotyków, pestycydów, hormonów, substancji dodatkowych czy GMO [24].

Wymagania te spełniają wędliny ekologiczne produkowane z mięsa pochodzącego ze zwierząt chowanych bez stymulatorów wzrostu, żywionych pokarmem pochodzącym z upraw ekologicznych. Do wyrobu wędlin ekologicznych stosowane jest mięso rodzimych ras trzody chlewnej i bydła o genetycznej odporności na choroby, wysokiej płodności, długowieczności oraz dużej zdolności adaptacji do warunków środowiskowych [23, 24].

W produkcji fermentowanych wędlin istotnym procesem jest peklowanie mięsa polegające na stosowaniu mieszaniny soli z azotanem(III) i/lub azotanem(V) (E250, E251, E252). Peklowanie kształtuje właściwości fizykochemiczne (pożądaną barwę, smak oraz zapach), stabilność oksydacyjną, a co najważniejsze, hamuje rozwój patogennych drobnoustrojów, szczególnie *Clostridium botulinum* i *Listeria monocytogenes* [10]. Mechanizm tworzenia barwy peklowanego mięsa jest skomplikowany. Wiele czynników determinuje ten proces. Należą do nich: skład chemiczny mięsa, rodzaj substancji dodatkowych stosowanych podczas produkcji, aktywność enzymów własnych tkanki mięśniowej, zawartość mioglobiny, potencjał oksydacyjno-redukcyjny, obecność azotanu(III) i azotanu(V) sodu. W fermentowanych wyrobach mięsnych proces tworzenia pożądanej barwy jest jeszcze bardziej skomplikowane ze względu na obecność mikroflory rodzimej oraz celowo dodanej w procesie produkcji. Ze względu na wysoką reaktywność azotanu(III) sodu i możliwość tworzenia z aminami biogennymi kancerogennych nitrozoamin, szczególnie w środowisku kwaśnym i w podwyższonej temperaturze, ogranicza się jego stosowanie [3, 24, 25]. Restrykcyjne wymagania odnośnie do stosowania azotanów(III) w mięsnych wyrobach ekologicznych występują w USA, UE, Kanadzie i innych [24].

Poszukuje się alternatywnych metod prowadzących do uzyskania pożądanej czerwonej barwy zbliżonej do nitrozylomioglobiny bez stosowania azotanu(III) sodu. Morita i wsp. [17] dowodzą, że nitrozylomioglobina w fermentowanych wyrobach mięsnych może powstawać bez udziału mieszanki peklującej. Autorzy sugerują, że niektóre szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus* i *Staphylococcus* w wyniku prowadzonego procesu proteolizy wytwarzają tlenek azotu z L-argininy, który następnie może łączyć się z cząsteczką mioglobiny tworząc nitrozylomioglobinę.

Trwałość mięsnych wyrobów dojrzewających zależy od szybkości utleniania tłuszczów i stabilizacji mikrobiologicznej, dlatego poszukuje się metod ograniczania niekorzystnych zjawisk. Należą do nich: pozyskiwanie surowca mięsnego o dużym potencjale antyoksydacyjnym lub wprowadzanie związków przeciwutleniających w trakcie procesu technologicznego [1, 2, 22, 23, 24].

Jedną z możliwych substancji do zastosowania w produkcji wędlin surowo dojrzewających może być serwatka kwasowa, stanowiąca produkt uboczny przy produkcji twarogów. Serwatka kwasowa pozyskana z surowego mleka ekologicznego zawiera cenne składniki, jak: białka (albuminy i globuliny), laktozę, tłuszcz, związki wapnia i fosforu, kwasy organiczne (mlekowy) oraz witaminy [22, 27]. W badaniach wykazano, że β -laktoglobulina serwatki stanowi źródło dipeptydu γ -glutamylcysteiny, prekursora glutationu o silnych właściwościach przeciwutleniających [9, 16, 27]. Forma zredukowana glutationu (GSH) utrzymuje równowagę oksydacyjno-redukcyjną poprzez redukcję reaktywnych form tlenu (RFT), zabezpieczenie przed utlenianiem grup sulfhydrylowych białek, zabezpieczenie prawidłowej struktury lipidów i białek przed działaniem wolnych rodników, działanie ochronne w stosunku do innych przeciwutleniaczy, np. kwasu askorbinowego i tokoferoli [16]. Ponadto, w serwatce kwasowej znajdują się kultury bakteryjne, w tym bakterie kwasu mlekowego niezbędne w procesie fermentacji produktów mięsnych. Z przeprowadzonych dotychczas badań wynika, że wybrane szczepy probiotyczne mogą być użyte do produkcji peklowanych kielbas surowo dojrzewających, a powstałe produkty mogą być przechowywane przez sześć miesięcy w warunkach chłodniczych bez obniżenia stabilności oksydacyjnej [28, 29]. Dane źródłowe informują, że niektóre szczepy bakterii probiotycznych należące do rodzaju *Lactobacillus* i *Bifidobacterium* wykazują działanie przeciwutleniające oraz antagonistyczne w stosunku do mikroflory patogennej [14] i mogą zapewniać stabilizację oksydacyjną i mikrobiologiczną żywności, wydłużając jej trwałość przechowalniczą. Jednocześnie charakteryzują się one zadowalającymi cechami mikrobiologicznymi, chemicznymi i sensorycznymi.

Celem badań było określenie możliwości zastosowania serwatki kwasowej oraz probiotycznego szczepu *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900 do produkcji ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej wraz z oceną stabilności oksydacyjnej oraz barwy kiel-

bas po dojrzewaniu oraz po upływie czteromiesięcznego okresu chłodniczego przechowywania.

Material i metody badań

Surowiec do produkcji kielbasy dojrzewającej stanowiło mięso wieprzowe pochodzące z lokalnego gospodarstwa, pobierane z mięśni szynki, a także słonina. Surowce pozyskiwane były ze świń rasy wielka biała polska o masie przyżyciowej ok. 120 ÷ 130 kg chowanych w systemie ekologicznym (Certyfikat zgodności PL-03-000928/09/00). Zwierzęta były karmione paszą pochodzącą z gospodarstwa, w skład której wchodziły zboża ekologiczne (pszenica, jęczmień, owies i groch) oraz śruta i zielonka.

Materiał probiotyczny stanowił szczep *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900, ożywiony w Zakładzie Higieny i Zarządzania Jakością Żywności SGGW w Warszawie, metodą opisaną przez Jaworską i wsp. [13].

Serwatkę kwasową pozyskiwano z lokalnego gospodarstwa ekologicznego chowu bydła mlecznego i od producenta mlecznych produktów ekologicznych. Świeże niepasteryzowane mleko poddawano procesowi naturalnej fermentacji mlekowej. Następnie ogrzewano je do temp. 40 °C. Po zakończeniu kwasowej koagulacji mleka oddzielano serwatkę od skrzepu.

Materiał badawczy stanowiła modelowa kielbasa surowo dojrzewająca, w której skład wchodziło 80 % chudej szynki i 20 % twardej słoniny grzbietowej. Mięso poddano peklowaniu lub soleniu przez 48 h w temp. 2 °C, słoninę krojono w kostkę i mroźono w temp. -19 °C. Wychłodzone peklowane lub solone mięso rozdrabniano w wilku przez siatkę o średnicy oczek 8 mm. Rozdrobnione mięso mieszano z tłuszczem i dzielono na 4 porcje.

Przygotowano następujące warianty doświadczalne:

- K – kielbasa kontrolna peklowana, zawierająca 2,8 % peklosoli (o składzie: 99,4 ÷ 99,5 % chlorku sodu i 0,5 ÷ 0,6 % azotanu(III) sodu) i 5 % wody;
- S – kielbasa zawierająca 2,8 % soli morskiej i 5,0 % serwatki kwasowej;
- L – kielbasa zawierająca 2,8 % soli morskiej, log 6,3 jtk/g szczepu probiotycznego *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900 i 5 % wody;
- LG – kielbasa zawierająca 2,8 % soli morskiej, log 6,3 jtk/g szczepu probiotycznego *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900, 5 % wody i 0,6 % glukozy.

Przygotowanymi farszami napełniano osłonki fibrusowe o średnicy 58 mm. Produkty poddawano osadzaniu, a następnie trzytygodniowemu dojrzewaniu w temp. 18 °C i wilgotności względnej RH = 75 ÷ 85 %. Po dojrzewaniu kielbasy wędzono w zimnym dymie, a następnie pakowano próżniowo w woreczki z polietylenu o małej gęstości (LDPE). Wyroby poddawano badaniom po procesie dojrzewania (21 dni) i po czteromiesięcznym przechowywaniu w temp. 4 °C.

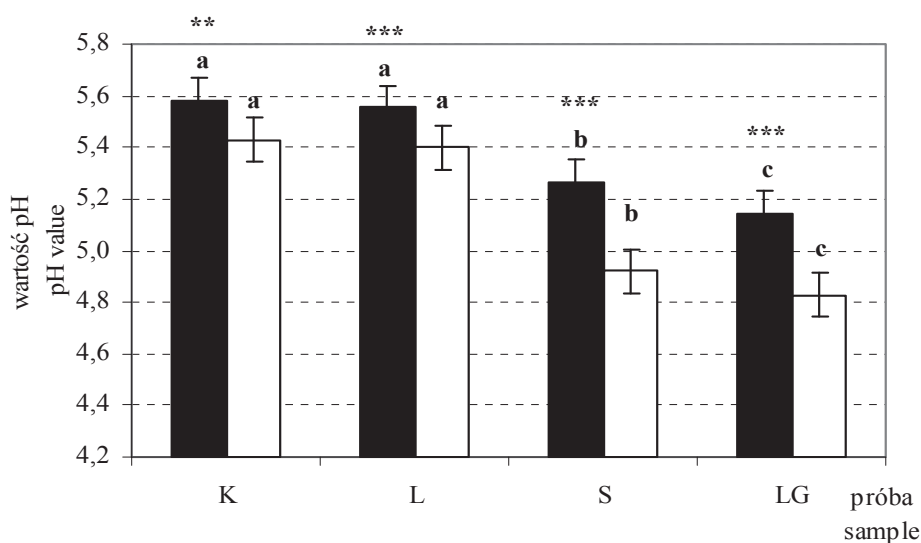
Kwasowość czynną (pH) oznaczano przy użyciu cyfrowego pH/konduktometru CPC 501 (Elmetron) i elektrody zespolonej typu ERH-111 (Elmetron). Aktywność wody (a_w) w wyrobie oznaczano w temp. 20°C przy użyciu urządzenia LabMaster (Novasina). Potencjał oksydacyjno-redukcyjny określano przy użyciu elektrody zespolonej platynowej typ ERPt-13 z zastosowaniem cyfrowego pH-konduktometru CPC-501 (Elmetron) metodą opisaną przez Ahn i Nam [1]. Ekstrakcję tłuszczu z kiełbasy przeprowadzano metodą opisaną przez Folcha i wsp. [6], a liczbę nadtlenkową, wyrażaną w meqO_2/kg , oznaczano zgodnie z normą [20]. Wskaźnik TBARS oznaczano metodą podaną przez Pikula i wsp. [19]. Intensywność różowego zabarwienia, powstałego w wyniku reakcji produktów utleniania tłuszczów z kwasem 2-tiobarbiturowym, mierzono z użyciem spektrofotometru Nicole Evolution 300 (Thermo Elektron Corporation) przy długości fali $\lambda = 532$ nm. Pomiar parametrów barwy w systemie CIE $L^*a^*b^*$ wykonywano metodą odbiciową przy użyciu spektrofotometru sferycznego 8200 Series (X-Rite). Pomiar prowadzono z uwzględnieniem połysku (SPIN) w zakresie pomiarowym $\lambda = 360 \div 740$ nm przy wykorzystaniu standardowego źródła światła D65 oraz standardowego obserwatora kolorymetrycznego o polu widzenia 10° [11]. Wskaźnik utlenienia obliczano z krzywej reflektancji jako stosunek 630/580 nm, wskazujący na zmianę barwy mięsa. Kolejny wskaźnik określający intensywność barwy peklowanego mięsa obliczano ze stosunku wartości reflektancji uzyskanej przy długości fali $\lambda = 650$ i 570 nm (650/570 nm). Według Hunta i Kropfa [12] uzyskane wyniki można interpretować następująco: 1,1 – brak barwy peklowanego mięsa, 1,6 – spłowiała, wyblakła barwa mięsa peklowanego, 1,7 ÷ 2,0 – barwa mięsa peklowanego o małej intensywności, 2,6 – pełna, intensywna barwa peklowanego mięsa.

W celu oznaczenia ogólnej liczby bakterii kwasu mlekowego (LAB) zastosowano automatyczny system do pomiaru liczby drobnoustrojów – TEMPO® wraz z oryginalnymi testami TEMPO® LAB. Oznaczenie liczby bakterii kwasu mlekowego, w tym bakterii probiotycznych przeprowadzono metodą opisaną przez Jaworską i wsp. [13] w Zakładzie Higieny i Zarządzania Jakością Żywności SGGW w Warszawie. Czas inkubacji kart zawierających 16 cel wypełnionych podłożem hodowlanym, zaszczerpionych badaną próbą wynosił 40 h w temp. 37 °C. Wyniki badań podano w jednostkach tworzących kolonie w jednym gramie produktu [jtk/g].

Doświadczenie przeprowadzono na dwóch partiach mięsa, w co najmniej dwóch powtórzeniach. Dokonano charakterystyki próby, obliczając wartości średnie (\bar{x}) oraz odchylenia standardowe (s). Otrzymane wyniki poddano statystycznej analizie wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi określano na poziomie istotności $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$ przy zastosowaniu testu T-Tuckeya.

Wyniki i dyskusja

Kształtowanie jakości fermentowanych ekologicznych produktów mięsnych zależy od kierunku i szybkości przemian fizykochemicznych i biochemicznych. Kielbasy surowo dojrzewające ulegają przemianom, które mogą powodować podwyższenie lub obniżenie jakości. Przemiany spowodowane utlenianiem lipidów są główną przyczyną niepożądanych zmian chemicznych i sensorycznych prowadzących do ograniczenia lub uniemożliwienia dalszego przechowywania fermentowanych produktów mięsnych [5, 7].



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w obrębie różnych próbek nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / mean values denoted by the same letters within different samples do not differ statistically significantly ($p > 0,05$); wartości średnie oznaczone asteryskiem w obrębie próby różnią się statystycznie istotnie: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ // mean values denoted by asterisks within the same sample differ statistically significantly: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; N.S. – różnice statystycznie nieistotne / statistically insignificant differences.

Rys. 1. Wartość pH ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej oznaczona bezpośrednio po dojrzewaniu (■) oraz po 4-miesięcznym chłodniczym przechowywaniu (□).

Fig. 1. pH value in organic dry-fermented sausage as determined immediately after ripening (■) and after 4-month period of chilling storage (□).

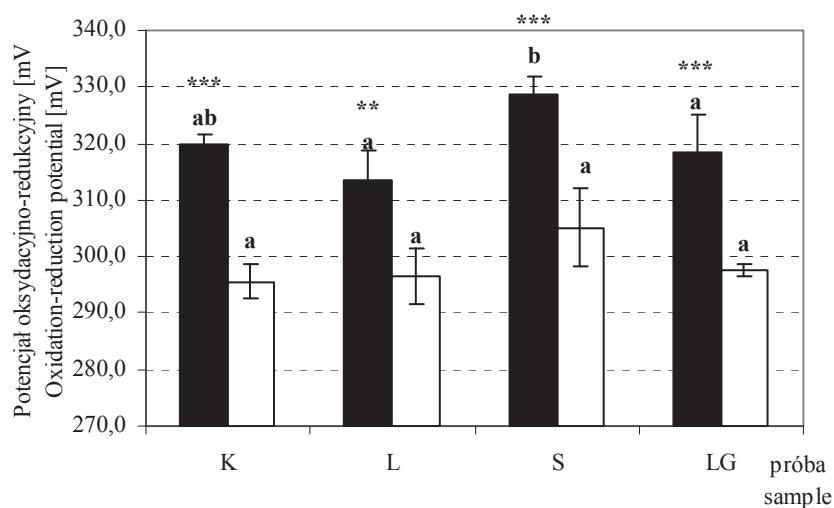
Wykazano istotny wpływ zastosowanych dodatków (serwatki kwasowej, szczepu probiotycznego i glukozy) oraz czasu przechowywania na zmiany kwasowości (rys. 1). Bezpośrednio po dojrzewaniu obserwowano istotnie ($p < 0,05$) niższe wartości pH w próbie z dodatkiem serwatki kwasowej (S) oraz w próbie ze szczepem *Lb. casei*

ŁOCK 0900 i glukozą (LG) w porównaniu z pozostałymi próbami. Najniższą, statystycznie istotną wartością pH (5,15) charakteryzowała się próba z probiotykiem i glukozą po okresie dojrzewania oraz po czteromiesięcznym przechowywaniu (4,8). We wszystkich próbach doświadczalnych stwierdzono istotne obniżenie wartości pH po czterech miesiącach chłodniczego przechowywania. Obserwowana wysoka kwasowość w próbie z serwatką (S) wynikała prawdopodobnie z jej składu chemicznego, głównie z obecności kwasu mlekowego, a także z postępującego procesu fermentacji mono- i disacharydów prowadzonego przez bakterie kwasu mlekowego wprowadzone do farszu mięsnego z serwatką. W przypadku próby z probiotykiem obniżenie wartości pH było prawdopodobnie związane z procesem fermentacji cukrów zawartych w mięsie do kwasów organicznych, głównie kwasu mlekowego. Potwierdzają to wyniki badań innych autorów [2, 8, 28, 29]. Niższa wartość pH w próbie, w której zastosowano oprócz probiotyku dodatek glukozy wynikała prawdopodobnie z większej dostępności monosacharydu do procesu fermentacji przez pałeczki kwasu mlekowego.

Analiza aktywności wody (a_w) w kiełbasie surowo dojrzewającej po procesie dojrzewania wykazała, że najniższą jej wartość stwierdzono w próbie z probiotykiem i glukozą (LG) – 0,86 ($\pm 0,01$), najwyższą zaś w próbie z serwatką kwasową (S) – 0,88 ($\pm 0,02$). Pozostałe próby charakteryzowały się wartością aktywności wody na poziomie 0,87 ($\pm 0,02$). Po czteromiesięcznym przechowywaniu kiełbas nastąpiło obniżenie o ok. 0,1 wartości aktywności wody we wszystkich próbach, z wyjątkiem próby z serwatką kwasową, w której nie obserwowano zmiany wartości a_w . Obserwowana na początku okresu chłodniczego przechowywania niższa wartość aktywności wody w próbie z dodatkiem probiotyku i glukozy (0,86 \pm 0,01) w porównaniu z pozostałymi próbami mogła wynikać z istotnie niższej wartości pH tych kiełbas. Możliwe, że produkowane przez *Lb casei* ŁOCK 0900 kwasy organiczne spowodowały denaturację struktur białkowych mięsa. Obniżenie wartości aktywności wody o ok. 0,1 jednostki w próbach przechowywanych mogło wynikać z postępującej proteolizy i peptydolizy oraz hydrolizy triacylogliceroli, zachodzących w kiełbasach [2, 21, 26], prowadzących do powstania związków niskocząsteczkowych.

Procesy oksydacyjne w peklowanych i solonych mięsnych produktach dojrzewających stanowią główny problem powodujący obniżenie jakości oraz znaczne skrócenie terminu przydatności do spożycia [4, 5, 7]. Produkty powstałe w wyniku oksydacji tłuszczów i białek wpływają na zmianę zapachu i smaku produktu oraz utratę pożądanej barwy. Dodatkowo wpływają na obniżenie wartości odżywczej wyrobu, a niekiedy mogą prowadzić do powstania związków toksycznych dla człowieka, np. oksysteroli [4, 5]. Autorzy [1, 4, 5, 7, 21] podają, że wartość pH, skład kwasów tłuszczowych, temperatura, potencjał oksydacyjno-redukcyjny, ekspozycja na światło, zawartość żelaza hemowego i wolnego oraz siła jonowa mają kluczowe znaczenie w procesie oksydacji lipidów.

Po przeanalizowaniu wartości potencjału oksydacyjno-redukcyjnego kielbas wykazano statystycznie istotny wpływ serwatki kwasowej oraz probiotycznego szczepu na uzyskane wartości (rys. 2). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) próby z dodatkiem serwatki (S) kształtowała się na istotnie ($p < 0,05$) wyższym poziomie w porównaniu z pozostałymi próbami badanymi bezpośrednio po dojrzewaniu. Nie obserwowano istotnych różnic pod względem potencjału redox pomiędzy próbą z probiotykiem (L) a próbą z probiotykiem i glukozą (LG) bezpośrednio po dojrzewaniu. Po czteromiesięcznym chłodniczym przechowywaniu stwierdzono istotne obniżenie wartości potencjału oksydacyjno-redukcyjnego wszystkich badanych kielbas o ok. 20 mV. Nie wykazano istotnych różnic potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pomiędzy próbami kielbas po przechowywaniu. Obserwowane istotnie niższe wartości potencjału redox przechowywanych kielbas mogą sprzyjać postępowaniu procesów redukcyjnych w wyrobie oraz zachowaniu ich pożądanej czerwonej barwy. Ahn i Nam [1] wykazali, że niski poziom potencjału oksydacyjno-redukcyjnego wynikający z dodatku substancji o charakterze przeciwutleniającym wpływa na stabilizację żelaza w cząsteczce hemu na drugim stopniu utlenienia (Fe^{2+}). Przeciwdziała to powstawaniu szaro-brunatnej metmioglobiny zawierającej w centrum pierścienia porfirynowego hemu żelazo na trzecim stopniu utlenienia (Fe^{3+}) oraz uwalnianiu żelaza z pierścienia

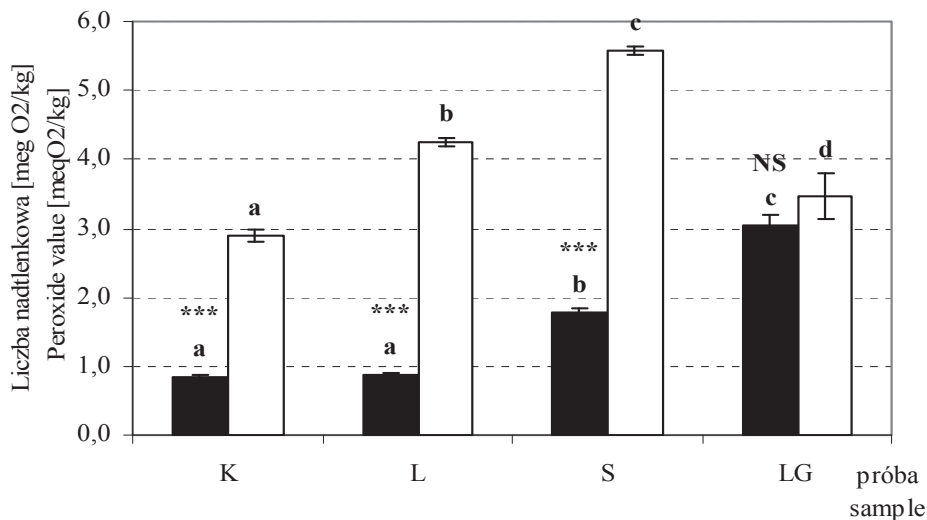


Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Potencjał oksydacyjno-redukcyjny ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej, badany bezpośrednio po dojrzewaniu (■) oraz po 4-miesięcznym chłodniczym przechowywaniu (□).

Fig. 2. Oxidation-reduction potential [mV] of organic dry-fermented sausage as analyzed immediately after ripening (■) and after 4 month period of chilling storage (□).

porfirynewego cząsteczki mioglobiny. Podobne wartości potencjału oksydacyjno-redukcyjnego uzyskali Wójciak i wsp. [29] w badaniach peklowanych kielbas surowo dojrzewających z dodatkiem probiotycznego szczepu *Lb. casei* ŁOCK 0900, w trakcie sześciomiesięcznego chłodniczego przechowywania.



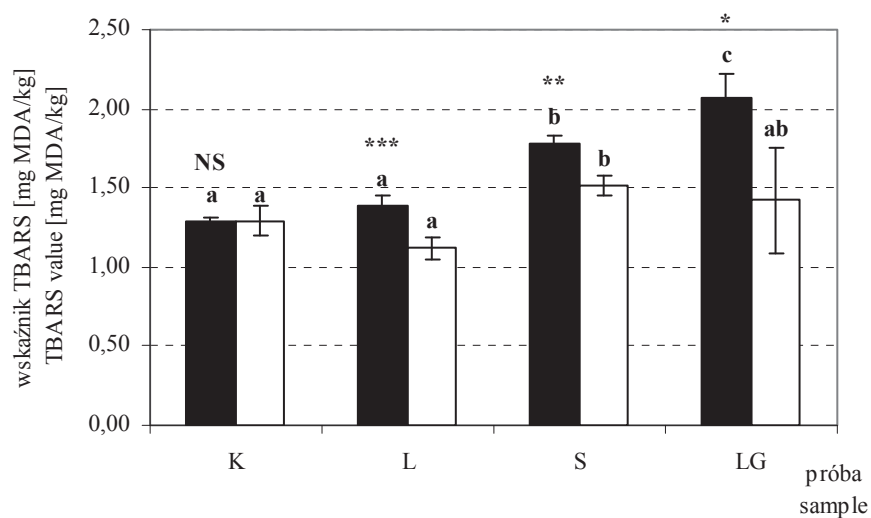
Objaśnienie jak pod rys. 1./ Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 3. Liczba nadtlenkowa [meq O₂/kg] ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej, badana bezpośrednio po dojrzewaniu (■) oraz po 4-miesięcznym chłodniczym przechowywaniu (□).

Fig. 3. Peroxide value [meq O₂/kg] of organic dry-fermented sausage as analyzed immediately after ripening (■) and after 4 month period of chilling storage (□).

Bezpośrednio po dojrzewaniu stwierdzono istotnie wyższe ($p < 0,05$) zawartości nadtlenków w próbach S i LG, wynoszące odpowiednio: 1,97 i 3,0 meq O₂/kg w porównaniu z pozostałymi próbkami (rys. 3). W kielbasach przechowywanych cztery miesiące w warunkach chłodniczych najwyższą statystycznie istotną ($p < 0,05$) wartość liczby nadtlenkowej oznaczono w próbce z serwatką kwasową (5,5 meq O₂/kg), najniższą zaś w próbce kontrolnej (3,0 meq O₂/kg). Po 4-miesięcznym chłodniczym przechowywaniu we wszystkich próbach wystąpił istotny ($p < 0,001$) wzrost wartości liczby nadtlenkowej o ok. 2,5 meq O₂/kg w porównaniu z badaniem przeprowadzonym po dojrzewaniu, z wyjątkiem próby z dodatkiem szczepu *Lb. casei* ŁOCK 0900 oraz glukozy (LG), w której nie stwierdzono istotnej ($p > 0,05$) różnicy wartości liczby nadtlenkowej w trakcie przechowywania. Wyższa wartość liczby nadtlenkowej w próbce z serwatką mogła wynikać z obecności H₂O₂ w serwatce kwasowej na skutek działalności bakterii kwasu mlekowego, który może stać się katalizatorem reakcji oksydacji

lipidów oraz może wpływać na tworzenie się pochodnych mioglobiny o zielonkawym zabarwieniu. W wyniku tego procesu może dochodzić do niekorzystnej zmiany barwy (powstawanie barwy brązowo-szarej, mało intensywnej), niekorzystnych zmian smaku i zapachu (smak i zapach jełki, przechowalniczy) oraz zmniejszenia wartości odżywczej. Wyższe wartości liczby nadtlenkowej w próbach kielbas bez dodatku azotanów mogą wynikać z utleniającego oddziaływania chlorku sodu i innych związków zawartych w soli morskiej na składniki mięsa, co potwierdzają wyniki badań innych autorów [25].



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 4. Wskaźnik TBARS [mg MDA/kg] ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej, badany bezpośrednio po dojrzewaniu (■) oraz po 4-miesięcznym chłodniczym przechowywaniu (□).

Fig. 4. TBARS value [mg MDA/kg] of organic dry-fermented sausage as analyzed immediately after ripening (■) and after 4 month period of chilling storage (□).

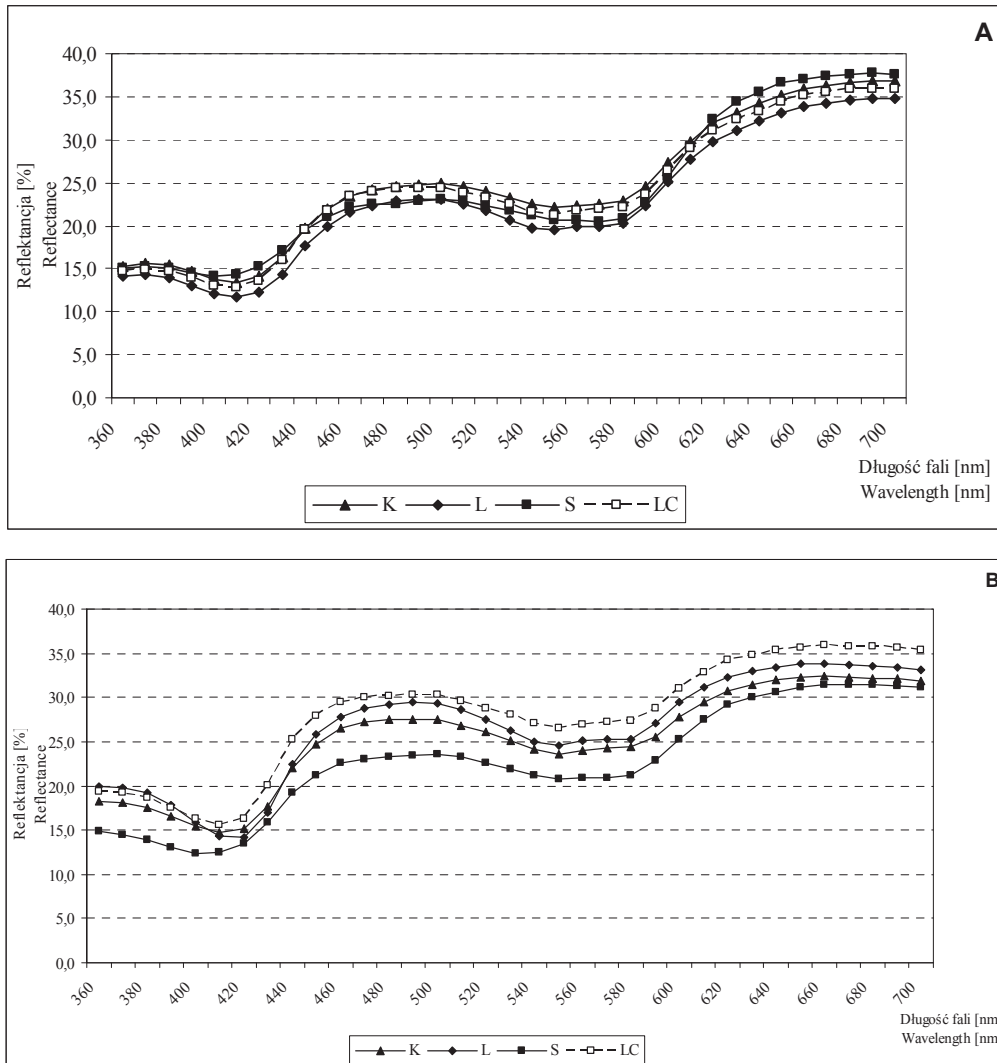
Pod względem wskaźnika TBARS (rys. 4) wykazano statystycznie istotne różnice pomiędzy badanymi próbkami bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po chłodniczym przechowywaniu. Stwierdzono istotnie wyższe wartości wskaźnika TBARS kielbasy z serwatką kwasową (S) oraz próby z probiotykiem i glukozą (LG) w porównaniu z pozostałymi próbkami. Najwyższą, statystycznie istotną wartością wskaźnika TBARS charakteryzowała się próba z probiotykiem i glukozą (ok. 2,0 mg MDA/kg), najniższą zaś – próba kontrolna (1,3 mg MDA/kg). Istotne obniżenie wartości wskaźnika TBARS, o 0,3 mg MDA/kg, nastąpiło w próbce z probiotykiem ($p < 0,001$), o 0,5 mg MDA/kg – w próbce z serwatką ($p < 0,01$) oraz o 0,7 mg MDA/kg – w próbce z probiotykiem i glukozą ($p < 0,05$) po czteromiesięcznym przechowywaniu kielbas. Istotnie

wyższa wartość wskaźnika TBARS prób z probiotykiem mogła wynikać ze zdolności szczepu *Lb. casei* ŁOCK do produkcji H_2O_2 , który z jednej strony wykazuje toksyczne działanie na patogeny, ale z drugiej przejawia proutleniające działanie na składniki żywności. Potwierdzają to inne badania kielbas surowo dojrzewających z udziałem analizowanego szczepu [28, 29]. Wyprodukowane kielbasy podczas całego okresu chłodniczego przechowywania charakteryzowały się wskaźnikiem TBARS niższym niż 2,5 mg MDA/kg.

Podobne wyniki uzyskali González-Fernández i wsp. [8] w badaniach kielbas surowo dojrzewających. Inni autorzy [4, 5, 21] badający wyroby surowo dojrzewające potwierdzają, że wyższe wartości wskaźnika TBARS (ok. 2,21 mg MDA/kg) nie muszą świadczyć o złej jakości wyrobów dojrzewających, gdyż oznaczane tą metodą aldehydy stanowią niezbędny element bukietu smakowo-zapachowego powstającego w trakcie biochemicznych przemian frakcji tłuszczowej zachodzącej podczas dojrzewania i przechowywania wyrobu. Należy podkreślić, że we wszystkich próbach własnych, z wyjątkiem próby z serwatką kwasową (S), poziom nadtlenuków wynosił poniżej 4,0 meq O_2 /kg, która to wartość, według Chizzolini i wsp. [4], klasyfikuje wyrób jako produkt o dobrej jakości (2 - 4 meq O_2 /kg).

Udowodniono, że oksydacja lipidów może powodować niekorzystne zmiany barwy wyrobów mięsnych na skutek reakcji zachodzącej między wtórnymi produktami oksydacji lipidów (4-HNE) a mioglobina [4, 5]. Wolne rodniki lipidowe powstałe w procesie peroksydacji lipidów mogą katalizować utlenianie żelaza (Fe^{2+}) oksymyoglobiny do szarobrunatnej metmyoglobiny (Fe^{3+}) [7].

Analiza widma spektrofotometrycznego odbiciowego w zakresie od 360 do 740 nm prowadzona bezpośrednio po dojrzewaniu (rys. 5A) wykazała, że kształt krzywych reflektancji we wszystkich wyrobach był zbliżony. Autorzy [16] podają, że w mięsie i produktach mięsnych w zakresie od 540 do 580 nm obserwuje się obniżenie krzywych wynikające z maksymalnych absorbancji oksymyoglobiny przy tych długościach fali. Wszystkie warianty badawcze charakteryzowały takie same minima (obniżenia krzywych) oraz maksima (piki). Wykazano, że w badanym zakresie długości fal występuje wyraźny pik przy $\lambda = 480 \div 510$ nm i w zakresie od 630 do 700 nm oraz obniżenie krzywych przy 420 oraz 560 nm. W ekologicznych kielbasach dojrzewających zaobserwowano dodatkowy niewielki pik przy długości fali $\lambda = 540$ nm, co może sugerować widoczny wzrost zabarwienia żółtego, pomarańczowego i czerwonego (rys. 5B). Obserwowany pik (540 nm) stwierdzali również inni autorzy w mięsie i wyrobach mięsnych charakteryzujących się jasną, pastelową barwą. Niewielkie różnice między krzywymi reflektancji prób doświadczalnych wystąpiły po czteromiesięcznym okresie chłodniczego przechowywania. W kielbasach przechowywanych cztery miesiące (rys. 5B) zmierzono wyższe wartości reflektancji w zakresie od 440 do 540 nm (obszar, w którym nitrozylobarwniki wykazują maksimum absorpcji – 500 nm).

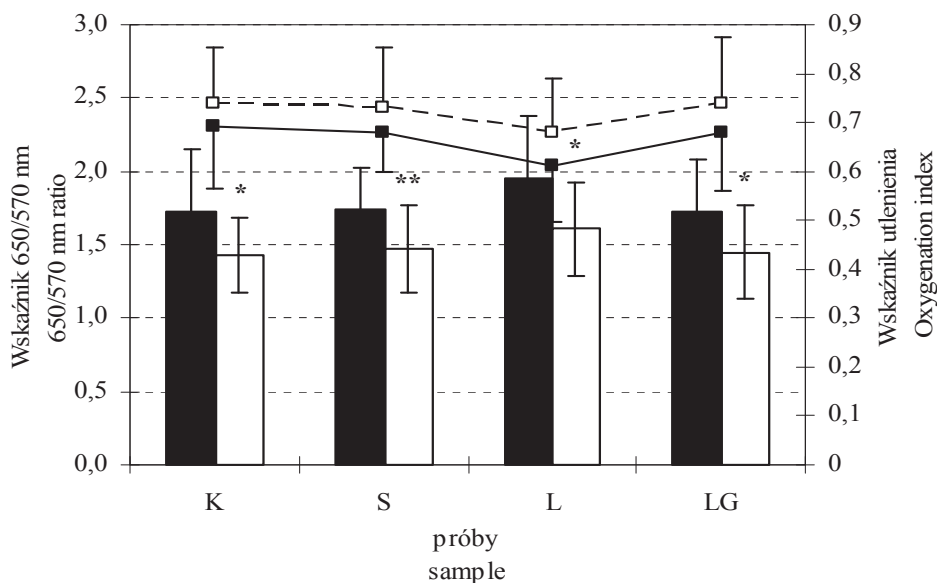


Rys. 5. Widmo odbiciowe ekologicznej kiełbasy surowo dojrzewającej, badane bezpośrednio po dojrzewaniu (A) oraz po 4-miesięcznym chłodniczym przechowywaniu (B).

Fig. 5. Reflectance spectrum in organic dry-fermented sausage as analyzed immediately after ripening (A) and after 4 month period of chilling storage (B).

Wartości wskaźników obliczonych na podstawie widma spektrofotometrycznego odbiciowego nie wykazały istotnych różnic między próbkami badanymi bezpośrednio po dojrzewaniu oraz po czteromiesięcznym przechowywaniu (rys. 5). We wszystkich próbkach obserwowano niewielki wzrost wartości wskaźnika utleniania, co wiązało się ze zmianą barwy prób w kierunku barwy brązowej (metmioglobina). Pod względem

wskaźnika 650/570 nm stwierdzono, że wszystkie kiełbasy z dodatkiem soli morskiej charakteryzowały się barwą zbliżoną do barwy wyrobu peklowanego (K), uzyskując wartość wskaźnika na poziomie wyższym niż 1,7, co – jak podkreślają Hunt i Kroph [12] – świadczy o wytworzeniu w wyrobie barwy zbliżonej do nitrozylomioglobiny. Próby z serwatką kwasową, pomimo wyższych wartości wskaźników utleniania, charakteryzowały się barwą typową dla wyrobów z dodatkiem azotanów (III) i (V) w porównaniu z pozostałymi próbkami (nawet próby kontrolnej), po dojrzewaniu oraz po czterech miesiącach przechowywania. Podobne wartości uzyskali w badaniach Sakata i wsp. [23]. Możliwe, że zawarte w serwatce kwasowej aktywne peptydy i aminokwasy o właściwościach redukujących, z wolnymi grupami -SH, stabilizują barwę wyrobu w trakcie przechowywania. Białka zawarte w serwatce kwasowej o silnych właściwościach przeciwutleniających, takie jak β -laktoglobulina α -laktoglobulina i laktoferyna



Objaśnienie jak pod rys. 1./ Explanatory note as in Fig. 1.

Kolumnami oznaczono wskaźnik 650/570 nm, liniami oznaczono wskaźnik utlenienia /650/570 nm / index was denoted by columns; oxygenation index was denoted by lines.

Rys. 6. Wartość wskaźnika utleniania oraz wskaźnika 650/570 nm ekologicznej kiełbasy surowo dojrzewającej, badana bezpośrednio po dojrzewaniu (■) oraz po 4-miesięcznym chłodniczym przechowywaniu (□).

Fig. 6. Values of oxygenation and 650/570 nm indices of organic dry-fermented sausage as analyzed immediately after ripening (■) and after 4 month period of chilling storage (□).

z jednej strony mają zdolność wiązania żelaza wolnego, które w mięsie i produktach mięsnych jest katalizatorem reakcji utleniania tłuszczów, z drugiej zaś są bogatym źródłem aminokwasów siarkowych. W wyniku zachodzących przemian białek serwatkowych mogą stać się prekursorem niskocząsteczkowych związków tiolowych o silnych właściwościach przeciwutleniających.

Liczba bakterii kwasu mlekowego, w tym bakterii probiotycznych pod koniec przechowywania była najwyższa w próbie z serwatką kwasową – $\log 7,87$ jtk/g ($\pm 0,25$), a najniższa w próbie z dodatkiem szczepu probiotycznego (L) – $\log 7,57$ jtk/g ($\pm 0,17$). Podobne wyniki uzyskali Wójciak i wsp. [27] w badaniach kielbas peklowanych wyprodukowanych z ekologicznego surowca mięsnego. We wszystkich badanych próbach liczba bakterii kwasu mlekowego utrzymywała się na poziomie wyższym niż $\log 7,0$ jtk/g, a różnice pomiędzy poszczególnymi próbami były statystycznie nieistotne. Obserwowano większą liczbę bakterii kwasu mlekowego w próbie, w której zastosowano oprócz szczepu probiotycznego dodatek glukozy – $\log 7,62$ jtk/g ($\pm 0,08$). W próbie kontrolnej (K) liczba bakterii kwasu mlekowego była niższa o niecały rząd logarytmiczny ($\log 7,68$ jtk/g $\pm 0,02$) w porównaniu z próbą z serwatką kwasową (S) oraz próbą z probiotykiem i glukozą (LG). Dodatek monosacharydu stymulował wzrost bakterii probiotycznych w kielbasach, co jest potwierdzeniem wyników otrzymanych przez Neffe i Kołożyn-Krajewską [18] w badaniach polędwic dojrzewających z dodatkiem probiotyków i 0,2-procentowej glukozy. Obserwowana wysoka liczba LAB w próbach z serwatką kwasową ($\log 7,87$ jtk/g $\pm 0,25$) mogła wynikać z obecności w serwatce laktozy stanowiącej dodatkowo źródło węgla dla rodzimych bakterii kwasu mlekowego pochodzących z serwatki.

Wnioski

1. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że możliwe jest zastosowanie serwatki kwasowej oraz szczepu probiotycznego *Lb. casei* ŁOCK 0900 do produkcji ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej bez dodatku azotanów (III) i (V) sodu.
2. Dodatek serwatki kwasowej, a także zastosowanie monosacharydu w kombinacji z probiotycznym szczepem ŁOCK 0900 zwiększa kwasowość kielbas w porównaniu z próbą kontrolną oraz próbą z samym probiotykiem.
3. Próby kielbas bez dodatku mieszanki peklującej charakteryzowały się wysoką stabilizacją oksydacyjno-redukcyjną ($LOO < 5,5$ meqO₂/kg, wskaźnik TBARS $< 2,0$ mg MDA/kg) podczas całego okresu chłodniczego przechowywania.
4. Próba z serwatką kwasową charakteryzowała się barwą najbardziej zbliżoną do barwy mięsa peklowanego.
5. Liczba bakterii kwasu mlekowego, w tym bakterii probiotycznych, pod koniec okresu chłodniczego przechowywania utrzymywała się na poziomie wyższym niż zalecany do wywołania korzystnego efektu zdrowotnego.

Badania wykonano w ramach projektu badawczego własnego Nr: RR-re-029-10-3040/10 finansowanego przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Literatura

- [1] Ahn D.U., Nam K.C.: Effect of ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Radiat. Phys. Chem.*, 2003, **71**, 149-154.
- [2] Bozkurt H.: Utilization of natural antioxidants: Green tea extract and Thymbra spicata oil in Turkish dry-fermented sausage. *Meat Sci.*, 2006, **73**, 442-450.
- [3] Cassens R.: Use of sodium nitrite in cured meats today. *Food Technol.*, 1995, **49**, 72-115.
- [4] Chizzolini R., Novelli E., Zanardi E.: Oxidation in traditional Mediterranean meat products. *Meat Sci.*, 1998, **49**, 87-99.
- [5] Domínguez-Fernández. M.C., Zumalacárregui-Rodríguez J.M.: Lipolytic and oxidative changes in "Chorizo" during ripening. *Meat Sci.*, 1991, **29**, 99-107.
- [6] Folch J., Lee M., Stanley G.G.S.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 1957, **226**, 497-509.
- [7] Greene B.E.: Lipid oxidation and pigment changes in raw beef. *J. Food Sci.*, 1969, **34**, 110.
- [8] González-Fernández C., Santos E.M., Rovira J., Jaime I.: The effect of sugar concentration and starter culture on instrumental and sensory textural properties of chorizo-Spanish dry-fermented sausage. *Meat Sci.*, 2006, **74**, 467-475.
- [9] Gupta P., Samant K., Sahu A.: Isolation of cellulose-degrading bacteria and determination of their cellulolytic potential. *Int. J. Microbiol.*, 2012, Article ID 578925: 5 pages.
- [10] Honikel K.O.: The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Sci.*, 2008, **78**, 68-76.
- [11] Hunt R.G.W.: Measuring colour. Ellis Horwood Limited, Chichester, UK, 1987.
- [12] Hunt M.C., Kropf D.H.: Fresh and cured meat color analysis. Muscle foods symposium — Institute of Food Technologists, Annual meeting. Paper, 1985, p. 151.
- [13] Jaworska D., Neffe K., Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z.J.: Survival during storage and sensory effect of potential probiotic lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus* Bauer and *Lactobacillus casei* Bif3^{IV} in dry fermented pork loins. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2011, **46** (12), 2491-2497.
- [14] Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z.J.: Probiotic meat products and human nutrition. *Process Biochem.*, 2012, **47** (12), 1761-1772.
- [15] Lizaso G., Chasco J., Beriain M.J.: Microbiological and biochemical changes during ripening of salchichón, a Spanish dry cured sausage. *Food Microbiol.*, 1999, **16**, 219-228.
- [16] Meister A., Anderson M.E.: Glutathione. *A. Rev. Biochem.*, 1983, **52** (7), 11-760.
- [17] Morita H., Yoshikawa H., Sakata R., Nagata Y., Tanata H.: Synthesis of nitric oxide from the two equivalent guanidine nitrogens of L-arginine by *Lactobacillus fermentum*. *J. Bacteriol.*, 1998, **179**, 7812-7815.
- [18] Neffe K., Kołożyn-Krajewska D.: Możliwość zastosowania bakterii probiotycznych w dojrzewających produktach mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **5** (72), 167-177.
- [19] Pikul J., Leszczyński D.E., Kummerow F.A.: Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J. Agric. Food Chem.*, 1989, **37**, 1309.
- [20] PN-ISO 3960:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
- [21] Rubio B., Martínez B., García-Cachán M.D., Rovira J., Jaime I.: Effect of the packaging method and the storage time on lipid oxidation and colour stability on dry fermented sausage salchichón manu-

- factured with raw material with a high level of mono and polyunsaturated fatty acids. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 1182-1187.
- [22] Sakata R., Morita H., Norimatsu T, Ito N.: Peptides contribute to colour formation: Accelerating effect of whey protein hydrolysate on colour formation in meat products. *Fleischwirtschaft Int.*, 2004, **19**, 113-116.
- [23] Sakata R., Morita H., Norimatsu T., Itoh N., Nagata S., Okayama T., Muguruma M.: Effect of whey protein hydrolysate on the acceleration of color formation in meat products and its mechanism. *Jap. J. Swine Sci.*, 2001, **38 (3)**, 115-124.
- [24] Sebranek J.G., Bacus J.N.: Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issue? *Meat Sci.*, 2007, **77**, 136-147.
- [25] Sebranek J.G., Jackson-Davis A.L., Myers K.L., Lavieri N.A.: Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Sci.*, 2012, **92**, 267-273.
- [26] Soyer A., Ertas A.H., Üzümcüoğlu Ü.: Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). *Meat Sci.*, 2005, **69**, 135-141.
- [27] Worobiej E., Wujkowska A., Drużyńska B., Wołosiak R.: Aktywność przeciwdrobnoustrojowa handlowych preparatów białek serwatkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **4 (59)**, 35-42.
- [28] Wójciak K.M., Trzaskowska M., Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z.J.: Evaluation of technological properties and oxidative stability of organic dry fermented probiotic sausages during long-term storage. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 2012, **56**, 305-314.
- [29] Wójciak K.M., Dolatowski Z.J., Kołożyn-Krajewska D., Trzaskowska M.: The effect of the *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain on the quality of dry fermented sausage during chilling storage. *J. Food Qual.*, 2012, **35 (5)**, 353-365.
- [30] Zhang X., Kong B., Xiong L.: Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation. *Meat Sci.*, 2007, **77**, 593-598.

OXIDATIVE STABILITY OF ORGANIC DRY-FERMENTED SAUSAGE WITH ADDED PROBIOTIC STRAIN *Lb. CASEI* LOCK 0900 AND ACID WHEY

Summary


The objective of the research study was to evaluate the oxidative stability of dry-fermented sausage with acid whey or probiotic strain (*Lb. casei* LOCK 0900) added during a four-month period of chilling storage (4° C).

Four experimental varieties of the product were manufactured: K pickled sausage as a control sample (2.8 % of pickling salts); L sausage with sea salt (2.8 %) and *Lb. casei* LOCK 0900 (log 6.3 cfu/g) probiotic strain; S sausage with the sea salt (2.8 %) and acid whey (5.0 %); LG sausage with the sea salt (2.8 %), probiotic strain, and glucose (0.6 %).

The research covered the determination of the pH value, water activity (a_w), oxidation-reduction potential (ORP), peroxide value (PV), TBARS value, reflectancy spectrum as well as the oxidation value and 650/570 nm index to characterize the colour parameters of the product after ripening process (0) and after the four-month period of chilling storage. The count of lactic acid bacteria (LAB) was also determined after the four-month storage period.

Compared to other samples, a significantly lower ($p < 0.001$) pH value was reported in the sample with the probiotic bacteria and glucose (LC) added, and in the sample with the acid whey (S) added immediately after dry-fermenting and during storage period. Compared to other samples, significantly lower

peroxide values were reported in the control sample (K) and in the sample with probiotic (L) after dry-fermenting process. Except for the sample with probiotic and glucose (LG), in all the products the peroxide value increased significantly by ca. 2.0 meqO₂/kg after the four-month storage period. Compared to other samples, significantly higher TBARS values were determined in the samples with the acid whey (S) added as well as in the samples with probiotic and glucose (LC) added. The oxidation processes were the slowest in the pickled control sample (K). In the sample with the strain of *Lb. casei* ŁOCK 0900 added, the variant with the glucose (LC) added was characterized by the lowest oxidation value and 650/570 nm index; this fact proved that the colour developed in the product was similar to the colour of the pickled product. The highest 650/570 nm index was obtained in the sample with the addition of acid whey (S) after dry-fermenting and after the four-month storage period. The oxidation stability of the samples evaluated decreased as follows: K > LG > L > S. In all the studied samples, the number of lactic acid bacteria was reported to be higher than log 7.0 cfu/g.

Key words: dry-fermented sausage, probiotic, acid whey, sea salt, organic meat products 

MAGDALENA MICHALCZYK, JOANNA BANAŚ

WPLYW OLEJKÓW ETERYCZNYCH Z WYBRANYCH ROŚLIN PRZYPRAWOWYCH NA STABILNOŚĆ OKSYDACYJNĄ PRZECHOWYWANEGO SMALCU WIEPRZOWEGO

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu dodatku olejków eterycznych na szybkość utleniania przechowywanego smalcu wieprzowego. Zastosowano olejki: szaflwii, hyzopu, bazylii, tymianku, rozmarynu, kolendry, majeranku i oregano w stężeniu wynoszącym 0,1 % v/m. Smalec przechowywano przez 90 dni w temperaturze 20 ± 1 °C. W świeżym surowcu oraz w trakcie jego przechowywania oznaczano liczbę nadtlenkową i wskaźnik TBARS. Wykonano także analizę widm spektrofluorymetrycznych ekstraktów eterowych prób, w zakresie odpowiadającym fluorescencji wtórnych produktów utleniania tłuszczów, w tym dialdehydu malonowego. Jedynie w przypadku dodatku olejku tymiankowego i oregano stwierdzono wyraźne zahamowanie procesu oksydacji smalcu. Dodatek pozostałych olejków nie wpłynął istotnie na zwiększenie trwałości smalcu. Dodatek olejku z hyzopu zwiększył istotnie wartości liczby nadtlenkowej w przechowywanym produkcie oraz wartość wskaźnika TBARS po 90 dniach składowania. Pomiedzy wynikami analizy TBARS oznaczonymi metodą spektrofotometryczną a intensywnością fluorescencji w zakresie odpowiadającym wtórnym produktom utleniania tłuszczów stwierdzono korelację ($r = 0,76 \div 0,89$).

Słowa kluczowe: olejek eteryczny, smalec wieprzowy, przechowywanie, liczba nadtlenkowa, TBARS

Wstęp

Właściwości przeciwutleniające olejków eterycznych wzbudzają zainteresowanie ze względu na poszukiwanie substancji naturalnych mogących zastąpić syntetyczne antyoksydanty [1, 2, 11, 19, 29]. Zapotrzebowanie na takie substancje wynika zarówno z rosnącej niechęci konsumentów do chemicznych dodatków do żywności, jak i popularności nutraceutyków, mogących zawierać szczególnie podatne na utlenianie kwasy omega-3 [1]. Opisywane są właściwości przeciwutleniające olejków eterycznych ozna-

czanych w warunkach *in vitro* za pomocą takich metod, jak: analiza zdolności wygaszania wolnego rodnika DPPH, test oksydacyjnego rozkładu β -karotenu czy metoda fosfomolibdenowa [11, 19, 29].

Inną, nowszą metodą stosowaną w analizie właściwości przeciwutleniających jest metoda kropek kwantowych [12]. Analizę zmian intensywności pasm na fluorescencyjnych widmach emisyjnych kropek kwantowych (CdTe QDs) z naniesionym kwasem tioglikolowym (TGA), będących źródłem wolnych rodników, zastosowali m.in. Rameshkumar i wsp. [21] w badaniach właściwości przeciwutleniających ekstraktu z *Merremia emarginata*. Wygaszanie fluorescencji układu TGA-CdTe QDs po dodaniu do ich roztworu ekstraktu badanej rośliny stanowiło miarę jego właściwości przeciwutleniających.

Do oceny skuteczności preparatów roślinnych chętnie stosowane są również przyspieszone testy stabilności oksydatywnej, takie jak: test termostatowy Schaala, test Rancimat, test trwałości Swifta (AOM) oraz inne. Testy przyspieszone mają jednak pewne ograniczenia i zastosowanie ich ze względu na odmienne mechanizmy działania może powodować uzyskiwanie różnych wyników w odniesieniu do tych samych prób tłuszczów [10, 17, 31]. Mniej jest natomiast prac poświęconych skuteczności olejków eterycznych w przetwarzanych i przechowywanych produktach żywnościowych, a jak podają Szukalska i Drozdowski [23] test tzw. normalny najdokładniej opisuje przemiany zachodzące w tłuszczach. Olejki eteryczne i ich składniki mogą ponadto wykazywać różnice w skuteczności oddziaływania w zależności od tego, do jakiego rodzaju tłuszczu zostały dodane [32]. W warunkach *in vitro* wykazano właściwości przeciwutleniające olejków m.in. z takich roślin, jak: cząber, goździki, cynamon, gałka muszkatołowa, bazylika, oregano i tymianek [14, 19, 24].

Oprócz klasycznych metod pozwalających na określenie zakresu zmian w przetwarzanych i przechowywanych tłuszczach, takich jak: wskaźnik TBARS czy liczba nadtlenkowa stosowane są także metody instrumentalne wykorzystujące zjawisko fluorescencji. Umożliwiają one wykrywanie wtórnych produktów oksydacji tłuszczów, które reagując z innymi składnikami żywności (aminokwasami, peptydami, białkami, fosfolipidami czy kwasami nukleinowymi) tworzą połączenia wykazujące fluorescencję. Jej intensywność oraz kształt pasm widma zależą od rodzaju aldehydu powstającego w trakcie utleniania. Silną fluorescencję w matrycach mięsa: dorsza, wieprzowego i indyczego wykazywały połączenia aminokwasów i aldehydów mających wiązania podwójne w pozycjach 2,4, jak np. (E,E)-2,4-heptadienal czy (E,E)-2,4-nonadienal. Inne substancje wykazujące fluorescencję to m.in. dialdehyd malonowy i (E)-2-heksenal [26]. W układach modelowych Veberg i wsp. [26] obserwowali 10 ÷ 20-krotnie silniejszą fluorescencję pochodzącą od dialdehydu malonowego od innych testowanych związków. Jednak w matrycach wymienionych produktów mięsnych nie zaobserwowano już takiej zależności. W przypadku produktów spożywczych obser-

wowane widma fluorescencyjne pochodzą od całej grupy tych substancji, bez rozdziału na poszczególne składniki [16, 26]. Badanie zmian fluorescencji próbek mleka w proszku przechowywanego w różnych temperaturach wykazało, że dzięki pomiarowi intensywności fluorescencji uzyskiwano bardziej wiarygodne informacje odnośnie do zakresu utleniania fazy tłuszczowej niż w przypadku liczby nadtlenkowej ze względu na rozkład nadtlenków do produktów ich degradacji, zwłaszcza w wyższych temperaturach przechowywania [16].

Jednym z podstawowych tłuszczów stosowanym zarówno w kuchni, jak również w produkcji żywności, jest smalec wieprzowy. W jego skład wchodzi: nasycone kwasy tłuszczowe – palmitynowy i stearynowy, monoenowe – oleinowy oraz polienowe – kwas linolowy (10 - 15 %). Głównym przeciwutleniaczem występującym naturalnie w smalcu, w niewielkich ilościach, są tokoferole, w tym przede wszystkim α -tokoferol [3]. Mała zawartość związków antyoksydacyjnych w smalcu może stanowić zaletę w badaniach nad właściwościami przeciwutleniającymi stosowanych dodatków, ułatwiając obserwację ewentualnych korzystnych ich oddziaływań [25].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku olejków eterycznych pochodzących z popularnych roślin przyprawowych na zakres zmian oksydacyjnych w przechowywanym smalcu wieprzowym.

Material i metody badań

Materiałem do badań był smalec wieprzowy, do którego bezpośrednio po wytopieniu i ostudzeniu dodawano olejki eteryczne w ilości 0,1 % v/m. Zastosowano 100-procentowe naturalne olejki eteryczne: szaflwii, hyzopu, bazylii, tymianku, rozmarynu, kolendry, majeranku i oregano (FSZ Pollena-Aroma, Warszawa).

Próbki (100 g) zamykano w pojemnikach polipropylenowych i przechowywano bez dostępu światła w temp. 20 ± 1 °C przez 90 dni. W świeżym surowcu oraz w próbie kontrolnej i próbkach zawierających dodatek olejków po 30, 60 i 90 dniach trwania doświadczenia oznaczano liczbę nadtlenkową oraz wskaźnik TBARS. Analizowano również widma spektrofluorymetryczne ekstraktów eterowych przechowywanych próbek.

Liczbę nadtlenkową analizowano zgodnie z PN-ISO 3960 [20]. Jej wartość wyrażano w milirównoważnikach aktywnego tlenu na kilogram próbki.

Pomiar wskaźnika TBARS polegał na ekstrakcji, a następnie na kolorymetrycznym oznaczeniu wtórnych produktów utleniania tłuszczów (głównie dialdehydu malonowego) po reakcji z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBA). Reakcję tę prowadzono, ogrzewając próbki tłuszczu z wodnym roztworem TBA, w obecności kwasu trichlorooctowego, przy pH 2,5. Pomiaru absorbancji powstającego kompleksu dokonywano przy długości fali $\lambda = 533$ nm, a wyniki wyrażano w miligramach dialdehydu malonowego (MDA) na kilogram produktu [13].

Ekstrakty eterowe wykorzystywane w badaniach fluorymetrycznych otrzymywano przez rozpuszczenie 0,5 g poszczególnych próbek smalcu w 19,5 g eteru naftowego 40/60. Fluorescencyjne widma emisyjne tych ekstraktów rejestrowano za pomocą spektrofluorymetru Varian Cary Eclipse, przy zastosowaniu geometrii pomiaru right-angle. Wzbudzenia dokonywano lampą ksenonową przy długości fali $\lambda = 382$ nm, a intensywność fluorescencji rejestrowano w zakresie długości fali 410 - 750 nm, stosując szerokość szczeliny wzbudzenia i emisji równą 5 nm. Zakres spektralny wykorzystany w tych badaniach został wybrany na podstawie pracy Veberga i wsp. [26], którzy analizowali fluorescencję w układach modelowych zawierających wtórne produkty utleniania tłuszczów, obecne w przechowywanych produktach mięsnych, takie jak: dialdehyd malonowy, aldehyd octowy, heksanal, dekanal, (E,E)-2,4-heksadienal, (E,E)-2,6-nonadienal i inne.

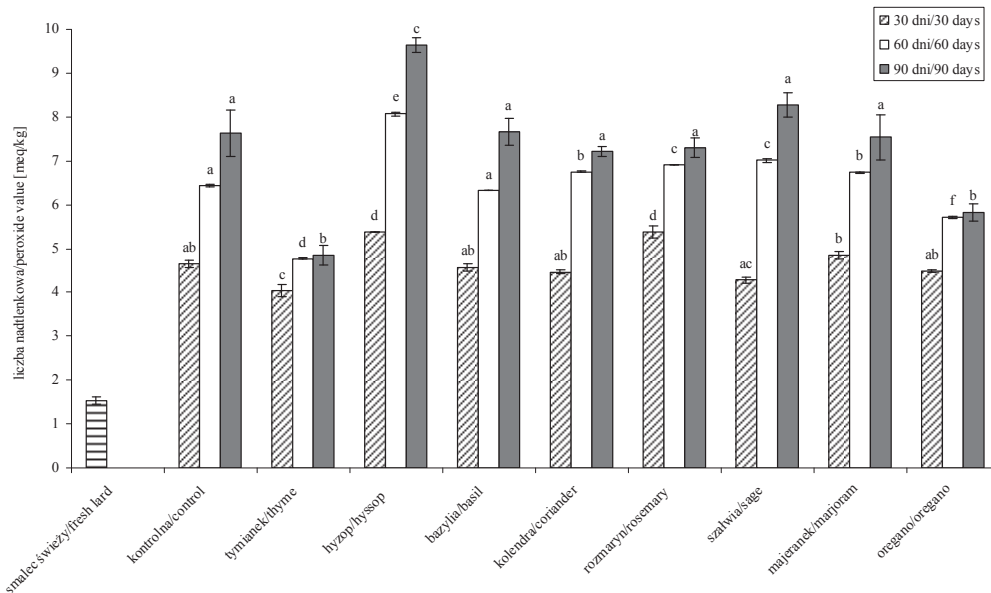
Oznaczenia liczby nadtlenkowej i wskaźnika TBARS wykonywano w trzech powtórzeniach. Spektrofluorymetryczne widma emisyjne, przedstawione w niniejszej pracy są widmami uśrednionymi z 3 pomiarów. Porównania intensywności fluorescencji przy długościach fal odpowiadających maksimum pasm widocznych na widmach z wynikami oznaczeń TBARS dokonywano, obliczając odpowiednie współczynniki korelacji (r).

Uzyskane wyniki poddano statystycznej weryfikacji, stosując jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic z zastosowaniem testu Scheffe'a ($p < 0,05$), a także istotność współczynników korelacji określano przy użyciu pakietu CSS Statistica (Stat Soft, Tulsa, OK, USA).

Wyniki i dyskusja

Wartości liczby nadtlenkowej smalcu świeżego i po okresie przechowywania przedstawiono na rys. 1. Liczba nadtlenkowa świeżego smalcu była niska i zgodna z wielkościami podawanymi w literaturze ($1,9 \div 2,8$ meq O_2 /kg tłuszczu) [3].

W próbie kontrolnej odnotowano około trzykrotny wzrost tego wskaźnika już po 30 dniach przechowywania. W czasie dalszego składowania przyrosty liczby nadtlenkowej były coraz mniejsze. Istotnie wyższe wartości, niż w próbie kontrolnej w trakcie całego okresu przechowywania, otrzymano w odniesieniu do prób zawierających olejki hyzopu.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

wartości średnie odnoszące się do tego samego okresu przechowywania oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / mean values ref. to the same storage period and denoted by the same letters do not differ statistically significantly ($p > 0.05$).

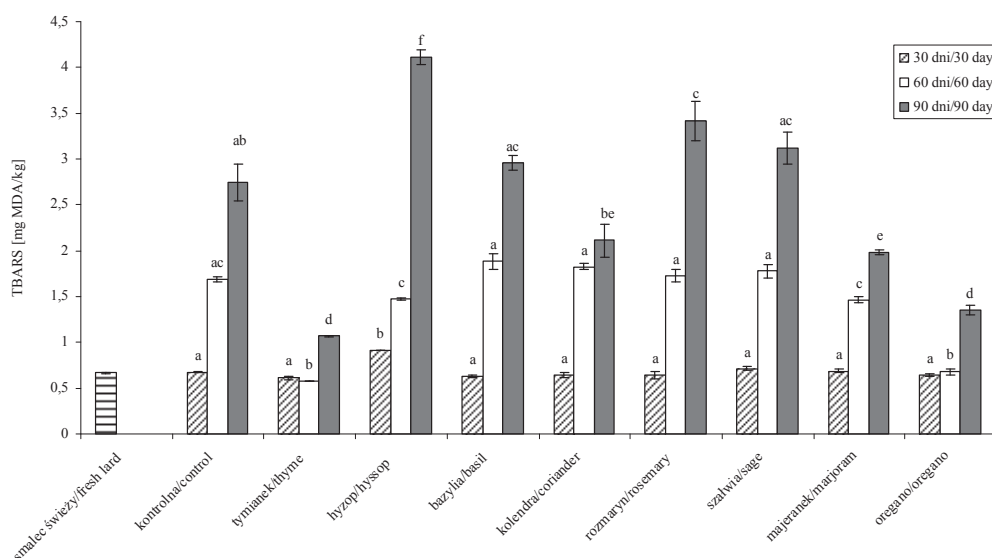
Rys. 1. Liczba nadtlenkowa smalcu świeżego oraz próbek po 30, 60 i 90 dniach przechowywania w temp. 20 ± 1 °C.

Fig. 1. Peroxide value in fresh lard and in samples after 30, 60, and 90 days of storage at 20 ± 1 °C.

W jednej z prac, w badaniach z użyciem wolnego rodnika DPPH stwierdzono, że olejek hyzopu był nieaktywny jako przeciwutleniacz [18]. Zjawisko prooksydacyjne działania preparatów z ziół obserwowano też w innych pracach. Wroniak i Łubian [31] po dodaniu ekstraktu z ziół z rodziny *Labiatae*, w tym *Origanum vulgare*, do oleju słonecznikowego tłoczonego na zimno zaobserwowały jego prooksydacyjne działanie mierzone zarówno w teście Rancimat, jak i w termostatowym. Także Hęś i wsp. [9] opisały prooksydacyjny wpływ etanolowego ekstraktu tymianku, którego dodatek zastosowany na powierzchnię mięsa liofilizowanego powodował wzrost liczby nadtlenkowej oznaczanej w czasie przechowywania. Równocześnie jednak dodatek ten hamował przez cały okres analiz powstawanie substancji reagujących z TBA. W niniejszej pracy zdecydowanie najkorzystniejsze działanie stwierdzono w odniesieniu do olejku tymiankowego, a w dalszej kolejności – do oregano. Składnikami obecnymi w olejkach z tych roślin są przede wszystkim karwakrol i tymol. De Vincenzi i wsp. [5] podają zakresy zawartości karwakrolu w olejkach z wymienionych roślin – oregano: $12,7 \div 74,4$ %, tymianek: $9 \div 60$ %. W olejku tymiankowym występują zna-

czące ilości tymolu, którego w olejku z oregano jest zdecydowanie mniej [4, 22]. Oba te związki są znanymi przeciwutleniaczami, przy czym tymol skuteczniej oddziałuje w tłuszczach niż karwakrol [32]. Yanishlieva i wsp. [32] przypisują to większej zawadzie sterycznej grup fenolowych w tymolu niż w karwakrolu.

Jednym z głównych, jednocześnie najbardziej szkodliwych, wtórnych produktów utleniania tłuszczów, któremu przypisuje się właściwości mutagenne i kancerogenne jest dialdehyd malonowy (MDA). Związek ten powstaje przede wszystkim z polienowych kwasów tłuszczowych mających 3 lub więcej wiązań podwójnych [6]. Wartość wskaźnika TBARS oznaczoną w poszczególnych próbach smalcu przedstawiono na rys. 2.



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Wartości wskaźnika TBARS smalcu świeżego oraz próbek po 30, 60 i 90 dniach przechowywania w temperaturze 20 ± 1 °C.

Fig. 2. Value of TBARS indicator in fresh lard and in samples after 30, 60, and 90 days of storage at 20 ± 1 °C.

Po okresie przechowywania zawartość MDA wzrosła w próbce kontrolnej nieomal czterokrotnie. Dodatek olejku hyzopu spowodował istotny ($p < 0,05$) wzrost wskaźnika TBARS, jednak dopiero po 90 dniach przechowywania próbek. Podobne zjawisko stwierdzono w przypadku olejku rozmarynu. Wyniki uzyskane po 30 i 60 dniach w większości przypadków nie różniły się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) od tych uzyskanych w przypadku prób kontrolnych. W połączeniu z wysoką wartością

liczby nadtlenkowej (rys. 1) uzyskane rezultaty wskazują na prooksydacyjne działanie olejku hyzopu dodanego do przechowywanego smalcu. Badania inhibitującego wpływu ekstraktów z rozmarynu i hyzopu na utlenianie lipidów w mięsie wieprzowym wykazały, że ich przeciwutleniające działanie polegało przypuszczalnie głównie na chelatowaniu jonów metali, w tym żelaza uwalnianego z barwników hemowych, przez składniki fenolowe ekstraktów [7]. Prawdopodobnie ze względu na nieobecność tej formy w badanym smalcu nie stwierdzono korzystnego, przeciwutleniającego działania olejków z hyzopu i rozmarynu.

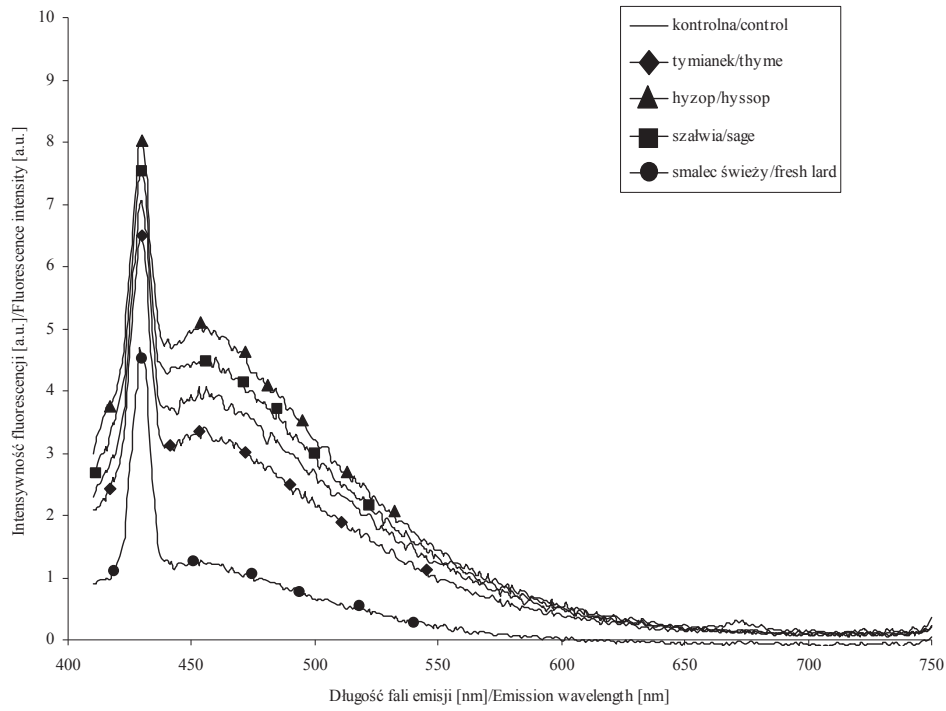
Zdecydowanie niższe wartości uzyskano w przypadku prób zawierających tymianek i oregano, co potwierdza korzystny wpływ tych olejków na spowolnienie zmian oksydacyjnych w przechowywanym smalcu wieprzowym. Również Viuda-Martos i wsp. [28] dowiedli, że olejek tymiankowy wykazywał relatywnie dużą zdolność inhibicji tworzenia nadtlenków fosfolipidów obecnych w żółtku jaja, mierzoną za pomocą testu TBARS. W przypadku pozostałych olejków wyniki analiz nie odbiegały znacząco od uzyskanych w odniesieniu do próby kontrolnej.

Zawartość MDA oznaczono spektrofotometrycznie jako wynik reakcji z kwasem 2-tiobarbiturowym. Z TBA reagują również inne substancje jak np. hydroksylononanal [8]. Jednym z ograniczeń powszechnie stosowanego testu TBARS jest mała stabilność MDA i innych krótkołańcuchowych produktów utleniania tłuszczów, wynikająca z ich dalszej oksydacji do alkoholi i kwasów organicznych [6]. Zastrzeżeniem do tej metody są również jej niska czułość i specyficzność [8]. Stąd, w celu poszerzenia zakresu informacji dotyczących wpływu poszczególnych dodatków na szybkość zmian zachodzących w smalcu w trakcie przechowywania, zarejestrowano jego fluorescencyjne widma emisyjne. Na rys. 3. przedstawiono fluorescencyjne widma emisyjne wybranych prób smalcu w zakresie $410 \div 750$ nm, zarejestrowane po 30, 60 i 90 dniach przechowywania. Załączono również widmo próby smalcu świeżego w celu obserwacji zakresu zmian zachodzących w przechowywanej próbce kontrolnej. Na przedstawionych widmach widoczny jest pik przy ok. 430 nm oraz szerokie pasmo pozbawione cech spektralnych mające maksimum przy ok. 460 nm. Wartości intensywności fluorescencji w maksimach pasma przy 430 nm (I_{430}) i 460 nm (I_{460}) zestawiono w tab. 1. W czasie przechowywania próby kontrolnej obserwowano stały wzrost intensywności fluorescencji i odpowiadający mu postępujący zakres utleniania tłuszczu.

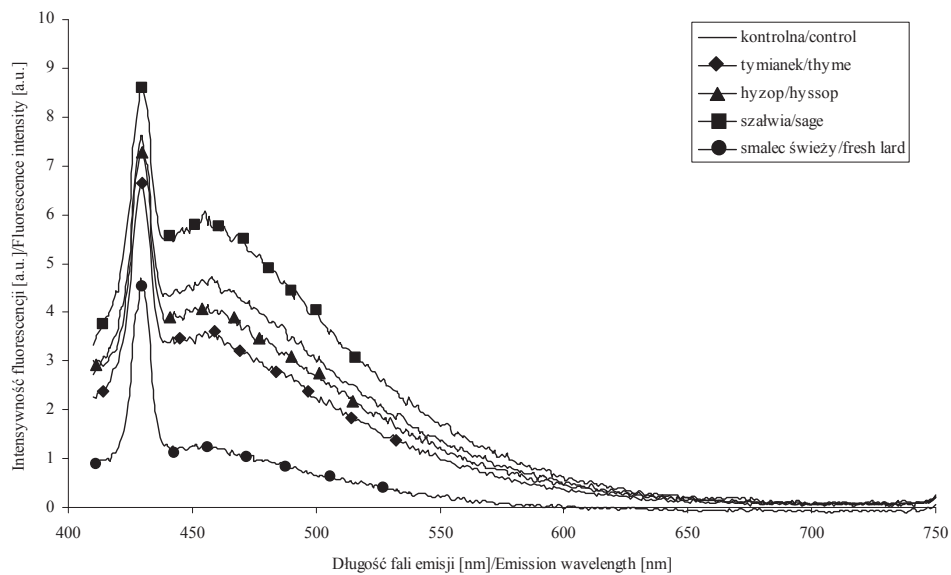
Podobny trend był już wcześniej obserwowany w trakcie badań fluorometrycznych prowadzonych na próbkach mięsa drobiowego [30] i przechowywanego masła [27]. W przypadku próbek z dodatkiem tymianku intensywność pasm nie ulegała większym zmianom, co może potwierdzać obserwowane wcześniej silne przeciwutleniające działanie tego olejku (rys. 1 i 2).

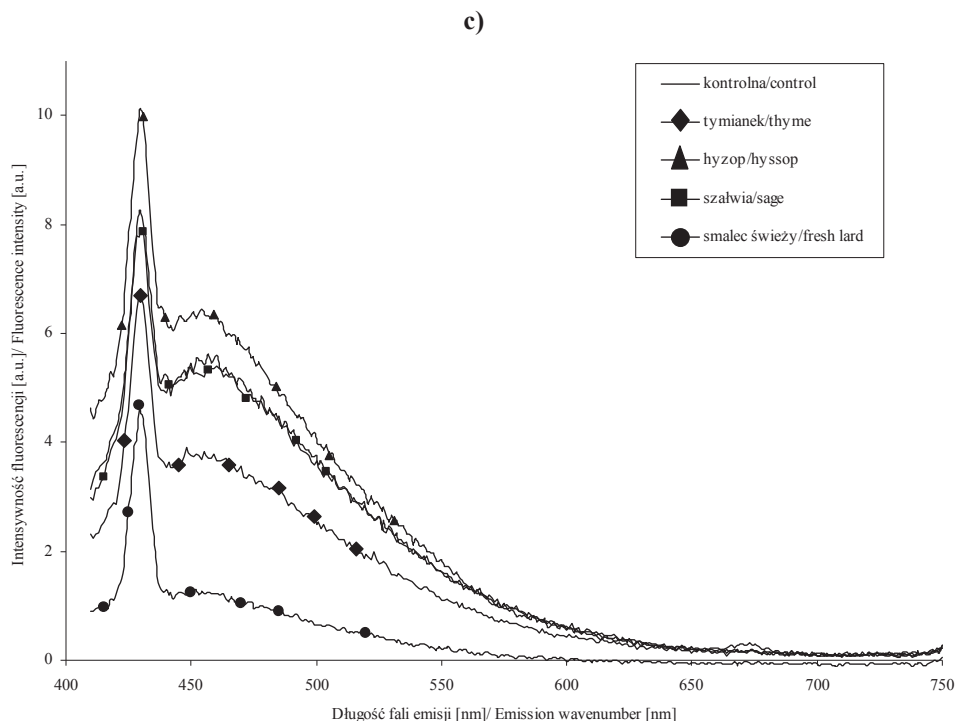
Również dodatek oregano spowalniał oksydacyjne przemiany w próbach smalcu (tab. 1).

a)



b)





Rys. 3. Fluorescencyjne widma emisyjne smalcu świeżego i wybranych próbek po 30 (a), 60 (b) i 90 dniach (c) przechowywania w temp. 20 ± 1 °C.

Fig. 3. Spectrofluorometric emission spectra obtained for fresh lard and for selected samples after 30 (a), 60 (b), and 90 days (c) of storage.

Najsilniejsze prooksydacyjne działanie w oznaczeniach TBARS i LN wykazywał dodatek olejku z hyzopu, co było także widoczne w postaci najwyższych intensywności fluorescencji wtórnych produktów utleniania tłuszczów po 30 i 90 dniach przechowywania. Pewnym wyjątkiem od tego trendu było widmo otrzymane po 60 dniach przechowywania, na którym najwyższą intensywnością wyróżniały się pasma na widmie smalcu z dodatkiem olejku z szaławii, bazylii i rozmarynu.

Badania przeprowadzone na modelowych układach złożonych z aminokwasów z dodatkiem różnych aldehydów, które najczęściej powstają w procesach utleniania tłuszczów w żywności wykazały, że nasycone aldehydy po reakcji z aminokwasami nie wykazują fluorescencji bądź też intensywność pików jest bardzo mała. W wyniku połączenia nienasyconych aldehydów z aminokwasami (lizyna i glicyna) powstawały zasady Schiffa, a fluorescencja pojawiała się na skutek istnienia sprzężonych wiązań podwójnych. Wspomniane pasma pojawiały się w zakresie $400 \div 550$ nm przy długości fali wzbudzenia $\lambda = 382$ nm [26].

Duże podobieństwo obserwowane w przebiegu zmian wskaźnika TBARS oraz intensywności fluorescencji w zakresie 410 ÷ 550 nm wskazuje na potencjalną korelację pomiędzy tymi wielkościami. Wyniki porównania intensywności fluorescencji przy dwóch długościach fal emisji: 430 i 460 nm z wynikami oznaczeń wartości wskaźnika TBARS przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Wartości współczynników korelacji (r) pomiędzy wartościami wskaźnika TBARS a intensywnościami fluorescencji w maksimum pasma przy 430 nm (I_{430}) i 460 nm (I_{460}).

Table 1. Values of correlation coefficient (r) between values of TBARS indicator and fluorescence intensities at band maximum at 430 nm (I_{430}) and 460 nm (I_{460}).

Czas przechowywania [dni] Storage time [days]	Próbka Sample	TBA [mg MDA/kg]	I_{430}	I_{460}	r (I_{430} -TBA)	r (I_{460} -TBA)
30	kontrolna / control	0,675	7,06	3,94	0,79 *	0,76 *
	tymianek / thyme	0,610	6,49	3,22		
	hyzop / hysop	0,910	8,03	4,96		
	szałwia / sage	0,716	7,53	4,54		
	kolendra / coriander	0,647	7,16	4,14		
	bazylika / basil	0,633	7,23	4,05		
	rozmaryn / rosemary	0,637	7,48	4,42		
	majeranek / marjoram	0,688	7,20	4,02		
	oregano / oregano	0,642	6,73	3,69		
60	kontrolna / control	1,686	7,63	4,71	0,86 **	0,83**
	tymianek / thyme	0,574	6,65	3,6		
	hyzop / hysop	1,470	7,28	4,04		
	szałwia / sage	1,776	8,69	5,74		
	kolendra / coriander	1,827	7,87	4,85		
	bazylika / basil	1,882	8,61	5,91		
	rozmaryn / rosemary	1,732	8,78	5,79		
	majeranek / marjoram	1,465	7,57	4,64		
	oregano / oregano	0,676	6,73	3,79		
90	kontrolna / control	2,750	8,25	5,59	0,87**	0,89**
	tymianek / thyme	1,066	6,69	3,78		
	hyzop / hysop	4,110	8,81	6,35		
	szałwia / sage	3,118	7,93	5,41		
	kolendra / coriander	2,111	8,13	5,63		
	bazylika / basil	2,963	8,51	5,36		
	rozmaryn / rosemary	3,411	8,62	6,01		
	majeranek / marjoram	1,980	8,16	5,39		
	oregano / oregano	1,353	6,71	3,98		

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* - wartości statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / statistically significant values ($p < 0.05$);

** - wartości statystycznie istotnie ($p < 0,01$) / statistically significant values ($p < 0.01$).

Stwierdzono wysoką korelację pomiędzy wartościami wskaźnika TBARS a wskaźnikami intensywności fluorescencji poszczególnych próbek w całym okresie przechowywania. Uzyskane współczynniki korelacji mogą sugerować, że głównym wtórnym produktem utleniania smalcu był dialdehyd malonowy i obecność przede wszystkim tego związku jest widoczna w postaci pasm fluorescencji na analizowanych widmach emisyjnych. Wysoką korelację pomiędzy wynikami oznaczenia TBARS a intensywnością fluorescencji stwierdzono także w innych pracach, w przypadku przechowywanego chłodniczo mięsa kurczaków oraz preparatu uzyskanego z oleju sojowego i izolatu białka sojowego [8, 15].

Wnioski

1. Spośród badanych olejków eterycznych istotny korzystny wpływ na spowolnienie zmian oksydacyjnych w przechowywanym smalcu wieprzowym wykazywały: olejek tymiankowy i, w nieznacznie mniejszym stopniu, oregano.
2. Dodatek olejku z hyzopu wpłynął na zwiększenie wartości wszystkich wskaźników zmian oksydacyjnych badanego tłuszczu.
3. Pozostałe olejki eteryczne w większości przypadków nie wywarły statystycznie istotnego wpływu na zmierzone wartości wskaźników utleniania tłuszczu.
4. Wysokie wartości współczynników korelacji pomiędzy wartościami wskaźnika TBARS a intensywnością fluorescencji, przy wybranych długościach fali emisji, wskazują na możliwość zastąpienia analizy wskaźnika TBARS stosunkowo szybką metodą spektrofluorymetryczną.

Literatura

- [1] Bera D., Lahiri D., Nag A.: Studies on a natural antioxidant for stabilization of edible oil and comparison with synthetic antioxidants. *J. Food Eng.*, 2006, **74**, 542-545.
- [2] Czapska A., Bałasińska B., Szczawiński J.: Działanie przeciwbakteryjne i przeciwutleniające ekstraktów przypraw żywnościowych. *Med. Weter.*, 2006, **62 (3)**, 302-305.
- [3] De Leonardis A., Macciola V., Lembo G., Aretini A., Nag A.: Studies on oxidative stabilisation of lard by natural antioxidants recovered from olive-oil mill wastewater. *Food Chem.*, 2007, **100**, 998-1004.
- [4] De Martino L., de Feo V., Nazzaro F.: Chemical composition and in vitro antimicrobial and mutagenic activities of seven *lamaceae* essential oils. *Molecules*, 2009, **14**, 4213-4230.
- [5] De Vincenzi M., Stamatii A., de Vincenzi A., Silano M.: Constituents of aromatic plants: carvacrol. *Fitoterapia*, 2004, **75**, 801-804.
- [6] Fernández J., Pérez-Álvarez J.A., Fernández-López J.A.: Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chem.*, 1997, **59 (3)**, 345-353.
- [7] Fernández-López J., Sevilla L., Sayas-Barberá E., Navarro C., Marín F., Pérez-Álvarez J.A.: Evaluation of the antioxidant potential of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in cooked pork meat. *J. Food Sci.*, 2003, **68 (2)**, 660-664.

- [8] Gatellier P., Gomez S., Gigaud V., Berri C., Le Bihan-Duval E., Santé-Lhoutellier V.: Use of a fluorescence front face technique for measurement of lipid oxidation during refrigerated storage of chicken meat. *Meat Sci.*, 2007, **76**, 543-547.
- [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] Heś M., Korczak J., Nogala-Kałużka M., Jędrusek-Golińska A., Gramza A.: Przydatność przyspieszonych metod badania trwałości stabilizowanego oleju rzepakowego. *Rośliny Oleiste*, 2001, XXII, (2), 517-526.
- [11] Hussain A.I., Anwar F., Sherazi S.T.H., Przybylski R.: Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chem.*, 2008, **108**, 986-995.
- [12] Jhonsi M.A., Vaishnavi E., Suganya R., Kathiravan A., Renganathan R.: Investigation on the photoinduced interaction between water soluble CdTe Quantum dots and certain antioxidants. *Adv. Sci. Lett.*, 2011, **4 (11-12)**, 3490-3495.
- [13] Krełowska-Kułas M.: Badanie jakości produktów spożywczych. PWE, Warszawa. 1993, ss. 80-81.
- [14] Kulisic T., Radonic A., Katalinic V., Milos M.: Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chem.*, 2004, **85**, 633-640.
- [15] Liang J.-H.: Fluorescence due to interactions of oxidizing soybean oil and soy proteins. *Food Chem.*, 1999, **66**, 103-108.
- [16] Liang J.-H.: Kinetics of fluorescence formation in whole milk powders during oxidation, *Food Chem.*, 2000, **71**, 459-463.
- [17] Liang Ch., Schwarzer K.: Comparison of four accelerated stability methods for lard and tallow with and without antioxidants. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1998, **75 (10)**, 1441-1443.
- [18] Özer H., Sökmen M., Güllüce M., Adigüzel A., Kiliç H., Şahin F., Sökmen A., Bariş Ö.: *In vitro* antimicrobial and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of *Hyssopus officinalis* L. ssp. *angustifolius*. *Ital. J. Food Sci.*, 2006, **18 (1)**, 73-83.
- [19] Ozkan G., Simsek B., Kuleasan H.: Antioxidant activities of *Satureja cilicica* essential oil in butter and in vitro. *J. Food Eng.*, 2007, **7**, 1391-1396.
- [20] PN-ISO 3960:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
- [21] Rameshkumar A., Sivasudha T., Jeyadevi R., Sangeetha B., Arul Ananth D., Smilin Bell Aseervatham G., Nagarajan N., Renganathan R., Kathiravan A.: *In vitro* antioxidant and antimicrobial activities of *Merremia emarginata* using thio glycolic acid-capped cadmium telluride quantum dots. *Coll. Surf. B*, 2013, **101**, 74-82.
- [22] Rota M.C., Herrera A., Martínez R.M., Sotomayor J.A., Jordán M.J.: Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control*, 2008, **19**, 681-687.
- [23] Szukalska E., Drozdowski B.: Metoda manostatyczna badania stabilności oksydatywnej tłuszczów. *Przem. Spoż.*, 1993, **47(4)**, 108-110.
- [24] Tomaino A., Cimino F., Zimbalatti V., Venuti V., Sulfaro V., De Pasquale A., Saija A.: Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chem.*, 2005, **89**, 549-554.
- [25] Tynek M., Szukalska E., Bartoszek A.: Influence of cabbage juices on oxidative changes of rapeseed oil and lard. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.*, 2009, **111 (11)**, 1142-1149.
- [26] Veberg A, Vogt G., Wold J.P.: Fluorescence in aldehyde model systems related to lipid oxidation. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 2006, **39**, 562-570.

- [27] Veberg A., Olsen E., Nilsen A.N., Wold J.P.: Front-face fluorescence measurement of photosensitizers and lipid oxidation products during the photooxidation of butter. *J. Dairy Sci.*, 2007, **90**, 2189-2199.
- [28] Viuda-Martos M., Mohamady M.A., Fernández-López J., Abd ElRazik K.A., Omer E.A., Pérez-Alvarez J.A., Sendra E.: *In vitro* antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control*, 2011, **22**, 1715-1722.
- [29] Wang W., Wu N., Zu Y.G., Fu Y.J.: Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components. *Food Chem.*, 2008, **108**, 1019-1022.
- [30] Wold J.P., Mielnik M., Pettersen M.K., Aaby K., Baardseth P.: Rapid assessment of rancidity in complex meat products by front-face fluorescence spectroscopy. *J. Food Sci.*, 2002, **67** (6), 2397-2404.
- [31] Wroniak M., Łubian M.: Ocena stabilności oksydacyjnej olejów rzepakowego i słonecznikowego tłoczonych na zimno z dodatkiem ekstraktu z oregano w teście Rancimat i termostatowym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **4** (59), 80-89.
- [32] Yanishlieva N.V., Marinova E.M., Gordon M.H., Raneva V.G.: Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chem.*, 1999, **64**, 59-66.

EFFECT OF ESSENTIAL OILS FROM COMMON HERBS ON OXIDATIVE STABILITY OF STORED LARD

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the effect of essential oils on the rate of oxidation process in stored lard. The essential oils used were extracted from sage, hyssop, basil, thyme, rosemary, coriander, marjoram, and oregano; their concentration was 0.1% v/m. The lard studied was stored at 20 ± 1°C for 90 days. The peroxide value and TBARS indicator were determined in the fresh and stored materials. In addition, spectrofluorometric spectra of ether extracts from the samples were analysed within the range of fluorescence of secondary products of lipid oxidation including malondialdehyde. The oils from thyme and oregano were the only additives to noticeably inhibit the process of lard oxidation. The addition of other oils had no significant effect on the increase in the stability of lard. The addition of the oil from hyssop caused a significant increase in the peroxide value in the stored lard and in the TBARS indicator after storage for 90 days. A correlation ($r = 0.76 \div 0.89$) was found between the results of TBARS analysis performed using a spectroscopic method and the intensity of fluorescence within the range corresponding to the secondary products of lipid oxidation.

Key words: essential oil, lard, storage, peroxide value, TBARS ☒

MARZENA A. PRZYBYSZ, ARKADIUSZ SZTERK, MONIKA ZAWIŚLAK,
ELŻBIETA DŁUŻEWSKA

WPLYW PROCESU MIKROKAPSULKOWANIA I DODATKU PRZECIWUTLENIACZY NA STABILNOŚĆ OLEJU RYBNEGO

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu rodzaju i ilości nośnika (materiału ścian mikrokapsulek) oraz dodatku przeciwutleniaczy na trwałość oleju rybnego mikrokapsulkowanego metodą suszenia rozpyłowego w następstwie samego procesu mikrokapsulkowania i podczas późniejszego przechowywania proszku. Rdzeń mikrokapsulek stanowił olej rybny ROPUFA '30' N-3 FOOD OIL. Nośnikami były: guma arabska, maltodekstryna (DE 16,4) oraz oktenylobursztynian skrobi (E1450). Jako przeciwutleniacze wykorzystano ekstrakt zielonej herbaty oraz butylohydroksyanizol – BHA (E320). Olej dodawano w ilości 10 % w stosunku do masy emulsji, natomiast nośnik w ilości od 20 do 30 %. Stabilność mikrokapsulkowanego oleju rybnego określono poprzez oznaczenie liczby nadtlencowej oleju wyekstrahowanego z całych mikrokapsulek i z ich powierzchni. Badania prowadzono przez 8 miesięcy.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że olej rybny został częściowo utleniony już na etapie suszenia rozpyłowego emulsji, które go zawierały. Olej rybny zamknięty w mikrokapsułki zbudowane ze skrobi modyfikowanej charakteryzował się większą stabilnością w porównaniu z olejem zamkniętym w mikrokapsułki zawierające gumę arabską. Dodatek maltodekstryny do mikrokapsulek z gumy arabskiej istotnie zwiększył stabilność oksydacyjną mikrokapsulkowanego oleju. Dodatek przeciwutleniaczy powodował poprawę stabilności oksydacyjnej mikrokapsulkowanego oleju rybnego. Efektywniejszym przeciwutleniaczem okazał się ekstrakt zielonej herbaty.

Słowa kluczowe: mikrokapsulkowanie, olej rybny, materiały ścian, przeciwutleniacze, suszenie rozpyłowe

Wprowadzenie

Zapotrzebowanie na olej rybny w przemyśle spożywczym wynika z wysokiej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, należących do grupy *omega-3*,

Mgr inż. M. Przybysz, mgr inż. M. Zawiślak, dr hab. E. Dłużewska, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, dr hab. inż. A. Szterk, Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: marzena_przybysz@sggw.pl

szczególnie kwasu eikozapentaenowego (EPA, 20:5) oraz dokozaheksaenowego (DHA, 22:6) [5]. Wykazano oddziaływanie prozdrowotne kwasów *omega-3*, zwłaszcza form długołańcuchowych EPA i DHA, które zapobiegają chorobom sercowo-naczyniowym oraz niektórym nowotworom [22, 23]. Ponadto wykazano istotną rolę tych kwasów w prawidłowym rozwoju i funkcjonowaniu centralnego układu nerwowego, mózgu [19, 20] oraz siatkówki oka [11, 20]. Organizm ludzki nie potrafi syntetyzować kwasów *omega-3*, dlatego muszą one być dostarczane wraz z pożywieniem [4, 35]. Kwasy syntetyzowane przez algi morskie spożywane są przez zooplankton, a następnie przez ryby [26]. W wielu krajach spożycie ryb jest małe, zwłaszcza ryb tłustych zawierających duże ilości *omega-3*, takich jak łosoś i tuńczyk [4]. Konieczność zwiększenia w diecie tych kwasów należy do zaleceń dietetycznych [22].

Olej rybny jest podatny na utlenianie głównie ze względu na dużą liczbę systemów 1,4-pentadienu w swojej strukturze oraz brak endogennego przeciwutleniacza [5]. Stąd wzbogacanie produktów żywnościowych w olej rybny wiąże się ze skróceniem ich okresu przydatności do spożycia. Ponadto, dodatek oleju z ryb w nadmiernych ilościach może zmniejszać sensoryczną akceptację żywności [4, 23]. Ograniczenie utleniania można osiągnąć poprzez dodatek przeciwutleniacza lub/i proces mikrokapsułkowania [5]. Wśród różnych metod mikrokapsułkowania najczęściej stosowaną techniką jest suszenie rozpyłowe [3, 4, 28, 29]. Zwykle olej homogenizuje się z nośnikiem, rozpuszczonym w wodzie, a otrzymaną emulsję suszy się bardzo szybko w komorze suszarki rozpyłowej, w wyniku czego otrzymuje się sproszkowany produkt. Mikrokapsułkowanie zatrzymuje wrażliwe materiały, takie jak długołańcuchowe kwasy tłuszczowe w ścianie matrycy i ściana ta służy jako bariera dla tlenu i wilgoci, co powoduje zwiększenie stabilności oksydacyjnej [5]. Ważnym etapem procesu mikrokapsułkowania składników żywności jest wybór odpowiednich materiałów [3]. Materiałami ścian mikrokapsulek otrzymywanych metodą suszenia rozpyłowego mogą być m.in. guma arabska, maltodekstryny, hydrofobowo modyfikowana skrobia [15].

Guma arabska jest efektywnym nośnikiem ze względu na dobrą rozpuszczalność w wodzie, tworzenie roztworów o małej lepkości oraz zdolność tworzenia ochronnego filmu wokół cząstek fazy zdyspergowanej emulsji [10, 12]. Jest to jednak stosunkowo drogi nośnik o zmiennych właściwościach poszczególnych partii [28]. Alternatywnym biopolimerem gumy arabskiej może być skrobia. Wprawdzie natywna skrobia, ze względu na jej hydrofilowy charakter, nie ma właściwości emulgujących, jednak niektóre jej pochodne uzyskane na drodze modyfikacji chemicznej, tzw. skrobie lipofile, są dobrymi emulgatorami oraz stabilizatorami emulsji i mogą być zamiennikami gumy arabskiej. Hydrofobowo modyfikowana skrobia jest rozpuszczalna w zimnej wodzie, ma bardzo słabo wyczuwalny zapach, wykazuje dobrą odporność na zmiany pH i temperatury [32]. Substytucja gumy arabskiej skrobią modyfikowaną pozwala na obniżenie kosztów produkcji emulsji [33]. Maltodekstryna jest tańsza niż guma arab-

ska, wykazuje wysoką barierowość w stosunku do tlenu, ale jest znacznie słabszym emulgatorem [4]. Najlepszym sposobem emulgowania oleju rybnego jest łączenie materiałów powłokowych [3, 30]. Jest to konieczne, aby określić, które kombinacje są najlepsze do mikrokapsulkowania odpowiedniej ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) z oleju rybnego [3].

Zastosowanie przeciwutleniaczy, w połączeniu z odpowiednimi systemami emulgującymi, uważane jest za ważny czynnik ochronny przed utlenianiem [5]. Jednym z obserwowanych trendów w przetwórstwie żywności jest zastępowanie syntetycznych przeciwutleniaczy naturalnymi inhibitorami utleniania o różnym pochodzeniu [31]. Szczególnie silnymi właściwościami przeciwutleniającymi wyróżnia się zielona herbata. Aktywność przeciwutleniającą zielonej herbaty przypisuje się przede wszystkim katechinom [1, 6].

Mikrokapsulkowany olej rybny występuje w postaci proszku, który jest z łatwością stosowany do produktów instant, jak również został włączony do wielu produktów spożywczych typu: chleb, ciastka, batoniki owocowe itp. [23]. Produkty te, pomimo skróconego okresu przydatności do spożycia, często przechowywane są w niewłaściwych warunkach, zarówno na półce sklepowej, jak i w warunkach domowych. Stąd bardzo ważne jest zwrócenie uwagi na zmiany, do jakich może dochodzić podczas ich otrzymywania, pakowania i przechowywania.

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju materiału ścian mikrokapsulek oraz rodzaju przeciwutleniacza na stabilność oleju rybnego mikrokapsulkowanego metodą suszenia rozpyłowego w następstwie samego procesu mikrokapsulkowania i podczas późniejszego przechowywania proszku.

Materiał i metody badań

Rdzeń mikrokapsulek stanowił olej rybny ROPUFA '30' N-3 FOOD OIL o zawartości około 30 % długołańcuchowych kwasów *omega-3*, firmy DSM Nutritional Products. Zgodnie z deklaracją producenta, ogólna zawartość EPA i DHA wynosiła łącznie 243 mg/g, natomiast liczba nadtlenkowa oznaczona bezpośrednio po otwarciu próbki – poniżej 0,1 meqO₂/kg. Jako nośniki (materiały ścian mikrokapsulek) zastosowano: gumę arabską, typ 4729, firmy Jaskulski Aromaty JAR, maltodekstrynę (DE = 16,4), firmy Jaskulski Aromaty JAR oraz oktenylobursztynian sodowy skrobi EmTex 06328, firmy Cargill (skrobia modyfikowana z kukurydzy woskowej). Jako przeciwutleniacze zastosowano ekstrakt zielonej herbaty o zawartości polifenoli minimum 98 %, firmy Bart Sp. J. lub butylohydroksyanizol – BHA (E320), firmy Kemin.

Olej rybny mikrokapsulkowano metodą suszenia rozpyłowego. Przygotowywano emulsje typu olej w wodzie. Fazę ciągłą emulsji stanowił roztwór nośnika, a fazę rozproszoną – olej rybny. Skład recepturowy emulsji ustalono na podstawie badań wstęp-

nych z różnymi materiałami ścian i proporcjami, w jakich zostały zmieszane. Skład emulsji końcowych przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Skład recepturowy emulsji.

Table 1. Composition of emulsions.

Wariant Variant	Rodzaj i wielkość [%] materiału ściany mikrokapsułki Type and amount [%] of wall material of microcapsule		Rdzeń (olej rybny) Core (fish oil) [%]	Przeciwutleniacz Antioxidant	Woda destylowana Distilled water [%]
A	Guma arabska / Gum arabic	20	10	-	70
B	Guma arabska / Gum arabic	10	10	-	60
	Maltodekstryna / Maltodextrin	20			
C	Skrobia modyfikowana Modified starch	20	10	-	70
D	Skrobia modyfikowana Modified starch	10	10	-	60
	Maltodekstryna / Maltodextrin	20			
E	Guma arabska / Gum arabic	20	10	GTE	70
F	Guma arabska / Gum arabic	10	10	GTE	60
	Maltodekstryna / Maltodextrin	20			
G	Skrobia modyfikowana Modified starch	20	10	GTE	70
H	Skrobia modyfikowana Modified starch	10	10	GTE	60
	Maltodekstryna / Maltodextrin	20			
I	Guma arabska / Gum arabic	20	10	BHA	70
J	Guma arabska / Gum arabic	10	10	BHA	60
	Maltodekstryna / Maltodextrin	20			
K	Skrobia modyfikowana Modified starch	20	10	BHA	70
L	Skrobia modyfikowana Modified starch	10	10	BHA	60
	Maltodekstryna / Maltodextrin	20			

Objaśnienia: / Explanatory notes:

GTE – ekstrakt zielonej herbaty / green tea extract; BHA – butylohydroksyanizol / butylhydroksyanizole.

Materiał ścian mikrokapsulek w ilości 20 lub 30 % w stosunku do masy emulsji dyspergowano w wodzie destylowanej o temp. 20 ± 5 °C (skrobia modyfikowana) lub 40 ± 5 °C (guma arabska) przy użyciu mieszadła laboratoryjnego RW 20 DZM firmy Janke&Kunkel z prędkością 380 obr./min przez 30 min. W wariantach B, D, F, H, J, L do roztworów dodawano maltodekstrynę i kontynuowano mieszanie przez kolejne

30 min. Fazę ciągłą pozostawiano na 24 h w temp. 20 ± 2 °C celem całkowitego uwodnienia nośnika.

Do fazy rozproszonej dodawano przeciwutleniacze: ekstrakt zielonej herbaty w ilości 1 % w stosunku do masy emulsji, BHA w ilości 200 mg/kg oleju – zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Emulsje wstępne otrzymywano mieszając roztwór nośnika i olej rybny mieszałem laboratoryjnym RW 20 DZM, firmy Janke & Kunkel z prędkością 380 obr./min przez 10 min. Emulsje wstępne homogenizowano przy użyciu homogenizatora typu T25 ultra-turrax, firmy Janke & Kunkel z prędkością 24000 obr./min przez 15 min. Emulsje podgrzewano do temp. 40 ± 2 °C w celu zmniejszenia ich lepkości (ułatwia to rozpylenie emulsji w komorze suszarki i zapewnia większą efektywność mikrokapsułkowania), a następnie wprowadzano do laboratoryjnej suszarki rozpyłowej typu A/S Niro Atomizer, firmy Denmark (mechanizm rozpylania – dysk), wykorzystując w tym celu pompę perystaltyczną Elpan typu 372,1 (przy minimalnym natężeniu podawania emulsji). Stosowano następujące parametry suszenia: temp. powietrza wlotowego: 180 ± 5 °C, temp. powietrza wylotowego: 80 ± 5 °C. Każdy rodzaj proszku otrzymywano w dwóch powtórzeniach.

Ciekły olej rybny (próbka kontrolna) przechowywano przez 34 tygodnie, a olej mikrokapsułkowany – przez 32 tygodnie w szklanych bezbarwnych słoikach, w temp. 20 ± 2 °C z dostępem światła dziennego. Celem tego postępowania było zbadanie zmian utleniania wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, które w postaci mikrokapsułek wkomponowywane są do suchych mieszanek spożywczych i przechowywane w temp. pokojowej zarówno na półce sklepowej, jak również w trakcie ich przechowywania w warunkach domowych oraz zbadanie zagrożeń wynikających z długoterminowego magazynowania tego typu produktów.

Ekstrakcję oleju z mikrokapsułek prowadzono metodą Wagnera i Warthesena [34] z modyfikacjami. Do kolbek stożkowych o pojemności 50 ml odważano ok. 2,00 g proszku (z dokładnością do 0,01 g), dodawano 6 ml wody destylowanej i mieszano 5 min przy użyciu magnetycznego mieszała laboratoryjnego LME-1. Następnie dodawano 30 ml mieszaniny acetonu i heksanu (1: 1, v/v) i kontynuowano mieszanie przez następne 30 min. Fazę organiczną przenoszono do krystalizatora i przedmuchiowano azotem w celu odparowania rozpuszczalnika. Przedmuchiwanie prowadzono do momentu osiągnięcia stałej masy.

Olej ekstrahowano z powierzchni mikrokapsułek, postępując jak w przypadku ekstrakcji oleju z mikrokapsułek bez uprzedniego ich rozpuszczania w wodzie.

Oznaczanie liczby nadtlencowej (LOO), jako wskaźnik charakteryzujący zawartość pierwotnych produktów utlenienia, ciekłego oleju rybnego, oleju wyekstrahowanego z mikrokapsułek oraz z ich powierzchni przeprowadzono zgodnie z normą PN-ISO 3960:2005 [27].

Każdy rodzaj proszku otrzymany w dwóch powtórzeniach analizowano trzykrotnie (wyniki oznaczeń stanowią średnią arytmetyczną z sześciu powtórzeń, $n = 6$). Na wykresach zamieszczono wartości średnie oznaczeń oraz odchylenia standardowe w postaci znaków graficznych.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników wykonywano za pomocą programu Statgraphics Plus 4. 1. firmy Statistical Graphics Corporation. Ocenę istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi liczby nadtlenkowej mikrokapsułkowanego oleju rybnego, oznaczonej bezpośrednio po procesie mikrokapsułkowania, określono z użyciem modelu jednoczynnikowej analizy wariancji (One-Way ANOVA), na poziomie istotności $p = 0,05$, a najmniejszą istotną różnicę wyznaczono testem Tukeya.

Ogólny przebieg reakcji utleniania oleju rybnego zbadano od strony kinetycznej. W celu ustalenia szybkości powstawania pierwotnych produktów utlenienia zastosowano analizę regresji. Dla każdego rodzaju mikrokapsułek określano równanie kinetyczne reakcji chemicznej o postaci ogólnej: $y = ax + b$, gdzie y to liczba nadtlenkowa mikrokapsułkowanego oleju rybnego wyrażona w meqO_2/kg , a x – czas przechowywania [doba]. Stopień dopasowania stosowanego modelu do danych doświadczalnych wykazano wielkością współczynnika determinacji R^2 . Szybkość utleniania mikrokapsułkowanego oleju rybnego wyrażono jako pochodną funkcji liniowej (wielkość współczynnika regresji).

Wyniki i dyskusja

Z danych przedstawionych w tab. 2. wynika, że olej rybny w czasie przechowywania charakteryzował się niską jakością, tj. wysokim stopniem utlenienia triacylogliceroli.

Tabela 2. Liczba nadtlenkowa ciekłego oleju rybnego przechowywanego przez 34 tygodnie.
Table 2. Peroxide value of liquid fish oil stored over 34 week period.

Parametr Parameter	Czas oznaczenia [tygodnie] Time period when parameters were determined [weeks] ($\bar{x} \pm s / \text{SD}$)											
	1	2	3	4	5	6	9	10	30	31	32	34
Liczba nadtlenkowa [milorównoważniki aktywnego tlenu/kg] Peroxide value [meq O ₂ /kg]	1,2 ± 0,0	3,9 ± 0,1	8,8 ± 0,4	16,9 ± 3,4	13,8 ± 0,3	27,5 ± 3,5	33,9 ± 5,5	32,6 ± 0,0	70,2 ± 16,1	64,3 ± 0,7	49,6 ± 6,8	80,0 ± 2,3

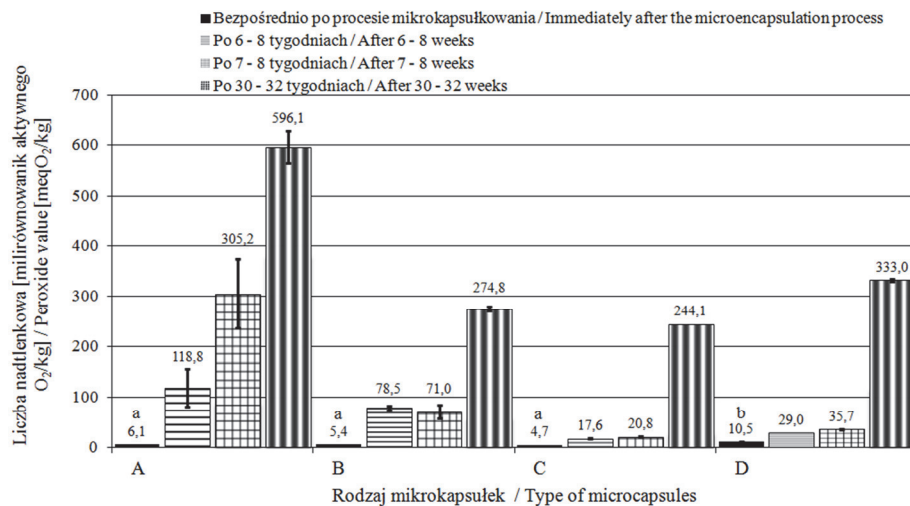
Objaśnienia: / Explanatory notes:

\bar{x} – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation.

Liczba nadtlenkowa ciekłego oleju rybnego oznaczona po 1., 2. i 3. tygodniu przechowywania wyniosła odpowiednio: 1,2, 3,9 oraz 8,8 meq O₂/kg. Po 34 tygodniach wartość ta wzrosła do 80,0 meq O₂/kg. Zgodnie z PN-ISO 3960:2005 [27] dopuszczalna zawartość nadtlenków w próbce oleju, wyrażona jako liczba miligramów aktywnego tlenu na kg oleju, nie powinna przekraczać 5,0. Wartość LOO oleju rybnego już po 3. tygodniu przechowywania przekraczała wartość normatywną. Tendencja do szybkiego wzrostu pierwotnych produktów utlenienia w oleju rybnym wynika z zawartości w nim wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (głównie EPA i DHA), które ze względu na obecność podwójnych wiązań nienasyconych w cząsteczce szczególnie łatwo ulegają zmianom oksydacyjnym, prowadząc do powstania nieodpowiedniego zapachu i smaku. Dodatkowo, na wysoki stopień utlenienia triacylogliceroli miały wpływ warunki przechowywania ciekłego oleju rybnego, które były identyczne jak dla mikrokapsulek.

Stopień utlenienia oleju rybnego wyekstrahowanego z mikrokapsulek zbadano czterokrotnie: bezpośrednio po procesie mikrokapsułkowania oraz trzykrotnie w czasie przechowywania. Liczba nadtlenkowa oznaczona bezpośrednio po procesie mikrokapsułkowania mieściła się w granicach od 4,7 do 10,5 meq O₂/kg, natomiast po 32 tygodniach przechowywania wartości te znacznie wzrosły i wyniosły od 244,1 do 596,1 meq O₂/kg, w zależności od zastosowanej matrycy (rys. 1). Kolanowski i wsp. [23] po zamknięciu oleju rybnego w matrycach zbudowanych z mieszaniny metylocelulozy i maltodekstryny metodą suszenia rozpyłowego stwierdzili bezpośrednio po procesie mikrokapsułkowania wartości liczby nadtlenkowej na poziomie 2,1 lub 4,1 meq O₂/kg w zależności od rodzaju mikrokapsulek, a już po 4 tygodniach przechowywania proszków w temp. pokojowej z dostępem powietrza wartości te wzrosły do 211,4 lub 171,7 meq O₂/kg. Heinzelnann i Franke [18] uważają wartość 20 meq O₂/kg za górną granicę zawartości pierwotnych produktów utlenienia w mikrokapsułkowanym oleju rybnym.

Wysoka liczba nadtlenkowa oleju bezpośrednio po mikrokapsułkowaniu wynika z mieszania i homogenizacji emulsji, podczas których temperatura roztworów znacznie wzrasta, jednak nie powinna być wyższa niż 35 °C [23]. Olej narażony jest wówczas na przyspieszenie reakcji utleniania w wyniku kontaktu z powietrzem (podczas napowietrzania roztworu może dochodzić do nadmiernego wiązania cząsteczek tlenu przez nienasycone kwasy tłuszczowe w bardzo krótkim czasie). Dodatkowo, w komorze suszarki rozpyłowej olej rybny poddawany jest działaniu powietrza, wysokiego ciśnienia i wysokiej temperatury, co prowadzi do wzrostu szybkości utlenienia [5, 23]. Baik i wsp. [5] wykazali, że liczba nadtlenkowa stopniowo wzrasta w poszczególnych etapach otrzymywania mikrokapsułkowanego oleju rybnego od wartości ok. 5 do ok. 9 meq O₂/kg. Drusch i Schwarz [14] wskazują, że utlenianie oleju rybnego podczas suszenia rozpyłowego zależy od temperatury procesu.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – jednorodne grupy obiektów pod względem średniej liczby nadtlenkowej / homogeneous groups of objects in terms of the storage of peroxide value; oznaczenia A - D jak w tab. 1. / determined values from A to D as in Tab. 1.

Rys. 1. Liczba nadtlenkowa oleju rybnego wyekstrahowanego z mikroksułek niezawierających przeciwutleniaczy.

Fig. 1. Peroxide value of fish oil extracted from microcapsules without antioxidant.

W tab. 3. przedstawiono szybkość reakcji utleniania mikroksułkowanego oleju rybnego w ciągu 32 tygodni przechowywania. Po przeanalizowaniu procesu utleniania mikroksułkowanego oleju rybnego bez dodatku przeciwutleniaczy pod względem szybkości zmian liczby nadtlenkowej stwierdzono, że olej rybny utleniał się najszybciej w mikroksułkach z gumy arabskiej (zawartość gumy arabskiej – 20 % w stosunku do masy emulsji).

Dodatek maltodekstryny do mikroksułek z gumy arabskiej (przy jednoczesnym zwiększeniu zawartości nośnika w emulsji do 30 %) wpłynął na zmniejszenie szybkości utleniania oleju rybnego w czasie przechowywania ($K = 1,13 \text{ meq O}_2/\text{kg}/\text{dobę}$). Wyraźnie większa stabilność oleju zamkniętego w kapsułki zbudowane z mieszaniny gumy arabskiej i maltodekstryny w porównaniu ze stabilnością oleju wyekstrahowanego z mikroksułek zbudowanych z samej gumy arabskiej wynika z właściwości maltodekstryn, które wykazują większą barierowość w stosunku do tlenu niż guma arabska. Zdolność maltodekstryn do ochrony rdzenia mikroksułek przed utlenianiem zależy od ich równoważnika glukozy DE. Absorpcja tlenu zmniejsza się wraz ze wzrostem DE [8]. Zastąpienie gumy arabskiej skrobią modyfikowaną (wariant C)

Tabela 3. Szybkość reakcji utleniania mikroekapsulowanego oleju rybnego w ciągu 32 tygodni przechowywania.

Table 3. Speed of oxidation reaction of microencapsulated fish oil over a period of 32 weeks of storage.

Rodzaj materiału ścienny mikroekapsułki Type of wall material of microcapsule	Bez dodatku przeciwutleniaczy Without antioxidants added		GTE		BHA	
	Szybkość reakcji utleniania K [meq O ₂ /kg/dobę] Oxidation reaction speed [meq O ₂ /kg/24 hours]	Współczynnik determinacji R ² Determination coefficient	Szybkość reakcji utleniania K [meq O ₂ /kg/dobę] Oxidation reaction speed [meq O ₂ /kg/24 hours]	Współczynnik determinacji R ² Determination coefficient	Szybkość reakcji utleniania K [meq O ₂ /kg/dobę] Oxidation reaction speed [meq O ₂ /kg/24 hours]	Współczynnik determinacji R ² Determination coefficient
Guma arabska Gum arabic	2,42	0,81	2,29	0,97	2,46	0,97
Guma arabska Gum arabic	1,13	0,98	1,39	0,98	1,49	0,97
Maltodekstryna Maltodextrin						
Skrobia modyfikowana Modified starch	1,13	0,97	2,94	0,99	5,60	0,96
Skrobia modyfikowana Modified starch	1,54	0,98	1,50	0,99	3,16	0,98
Maltodekstryna Maltodextrin						

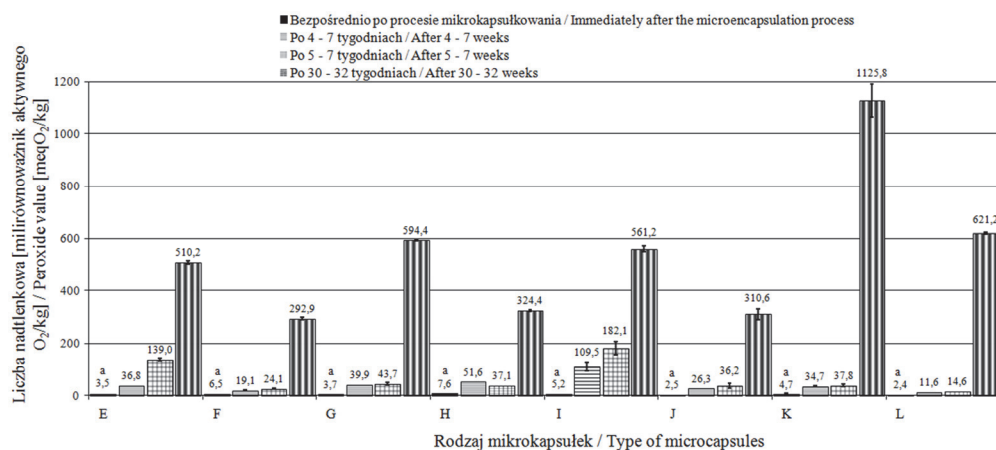
Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

wpłynęło na zmniejszenie szybkości powstawania pierwotnych produktów utlenienia oleju rybnego w całym okresie przechowywania i pozwoliło uzyskać szybkość utlenienia na takim samym poziomie, jak w przypadku zastosowania mieszaniny gumy arabskiej i maltodekstryny (K = 1,13 meq O₂/kg/dobę). Natomiast zastosowanie maltodekstryny razem ze skrobią modyfikowaną – wariant D (przy zawartości nośnika 30 % w stosunku do masy emulsji), wpłynęło na zwiększenie szybkości utlenienia oleju rybnego (K = 1,54 meq O₂/kg/dobę) w porównaniu z mikroekapsułkami zbudowanymi jedynie ze skrobi modyfikowanej. Wyniki badań własnych pozwalają wnioskować, że

skrobia modyfikowana lepiej chroni olej rybny przed utlenianiem niż guma arabska i stanowi jej lepszy, a przede wszystkim tańszy substytut. Natomiast dodatek maltodekstryny okazał się korzystny jedynie w przypadku mikrokapsulek zbudowanych z gumy arabskiej. Wiadomo, że stabilność oksydacyjna substancji rdzenia jest związana z przepuszczalnością tlenu przez ścianę matrycy i zależy od jej porowatości [21, 25]. Stąd wykorzystanie skrobi modyfikowanej, jako materiału powłokowego, mogło doprowadzić do skuteczniejszej ochrony kropelek oleju w wyniku wytworzenia ściany o większej gęstości i mniejszej porowatości niż w przypadku zastosowania pojedynczego nośnika w postaci gumy arabskiej. Mniejsza stabilność oleju rybnego zamkniętego w kapsułkach z gumy arabskiej w porównaniu ze stabilnością oleju rybnego zamkniętego w kapsułkach ze skrobi modyfikowanej może być również związana z ich większą zawartością wody (dane niepublikowane).

Według literatury przedmiotu [21], bardzo dobrym materiałem ścian mikrokapsulek oleju rybnego są wysoko rozgałęzione cyklodekstryny (HBCD) w połączeniu z kazeinianem sodu. Znacząco opóźniają one proces utleniania oleju rybnego w czasie przechowywania (wartości liczby nadtlencowej po 90 dniach przechowywania nie przekroczyły 10 meq O₂/kg). Pojedyncze nośniki: kazeinian sodu lub mieszanina HBCD z izolatem białka serwatkowego nie zapewniały tak dobrej ochrony. Kolanowski i wsp. [23] stwierdzili, że stosunek ilości oleju rybnego do ilości materiału ściany powoduje znaczące różnice pod względem stabilności oksydacyjnej. Stosunek ilości ścianki do oleju 3 : 1 w porównaniu do 1,5 : 1 wpływał na dużo lepszą ochronę przed zmianami oksydacyjnymi.

Wartości liczby nadtlencowej mikrokapsułkowanego oleju rybnego stabilizowanego dodatkiem przeciwutleniaczy przedstawiono na rys. 2. Stwierdzono przeciwutleniające działanie jedynie ekstraktu zielonej herbaty dodanego do oleju zamkniętego w matrycach gumy arabskiej oraz mieszaniny skrobi modyfikowanej i maltodekstryny (szybkość utleniania mniejsza niż w przypadku mikrokapsułkowanego oleju rybnego bez dodatku przeciwutleniaczy). Natomiast w pozostałych przypadkach zaobserwowano proutleniające działanie zarówno przeciwutleniacza naturalnego, jak i syntetycznego (tab. 3). Należy podkreślić, że działanie przeciwutleniaczy zależy od zastosowanej dawki. Przy zbyt wysokich dawkach zmienia się ich rola i z substancji ochronnych same stają się prooksydantami, prowadząc do objawów chorobowych [7, 17]. Sam proces technologiczny otrzymywania mikrokapsulek może w mniejszym lub większym stopniu wpływać na skład i aktywność naturalnych przeciwutleniaczy. Uważa się, że krótkie ogrzewanie powoduje zmniejszenie całkowitego potencjału przeciwutleniającego w wyniku degradacji części naturalnych przeciwutleniaczy roślinnych, podczas gdy przedłużone ogrzewanie, do jakiego dochodzi w komorze suszarki rozpyłowej, może skutkować wzrostem tego parametru do wartości początkowej lub nawet jej



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a – jednorodne grupy obiektów pod względem średniej liczby nadtlenkowej / homogeneous groups of objects in terms of the storage of peroxide value; oznaczenia E - L jak w tab. 1. / determined values from E to L as in Tab. 1.

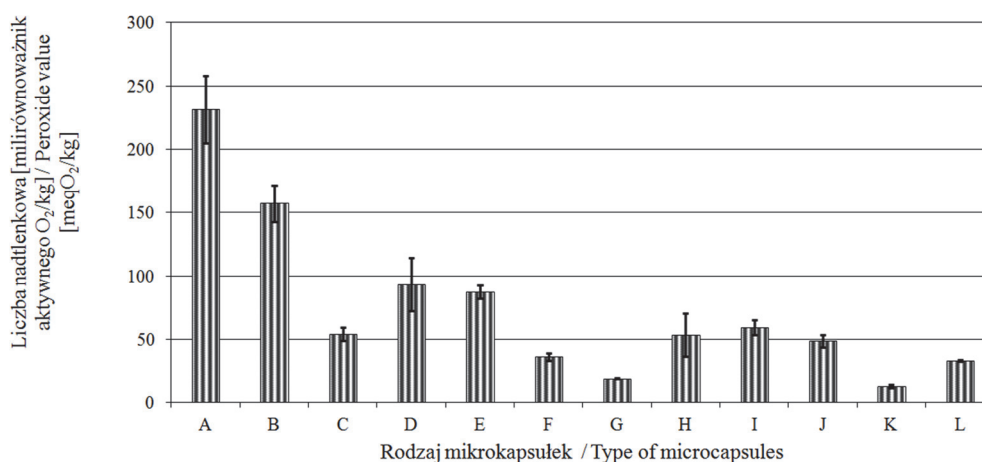
Rys. 2. Liczba nadtlenkowa oleju rybnego z dodatkiem przeciwutleniaczy, wyekstrahowanego z mikrokapsulek.

Fig. 2. Peroxide value of fish oil extracted from microcapsules, with antioxidants added.

przekroczeniem w efekcie powstawania, właśnie w takich warunkach, nowych związków przeciwutleniających np. produktów reakcji Maillarda i karmelizacji [9, 17, 24]. Niewiele wiadomo natomiast na temat reakcji przeciwutleniaczy w bardziej złożonych systemach żywnościowych, w których może dochodzić do interakcji z matrycą oraz katalizatorami utleniania. Z danych literaturowych [23] wynika, że dodatek α -tokoferolu lub likopenu do ciekłego oleju rybnego nie powodował poprawy jego stabilności oksydacyjnej, a liczba nadtlenkowa ciekłego oleju rybnego podczas przechowywania wzrosła i była znacząco większa w porównaniu z olejem rybnym bez dodatku przeciwutleniaczy. Autorzy tłumaczą, że efekt ten mógł być wywołany zbyt dużym dodatkiem przeciwutleniaczy. Natomiast Baik i wsp. [5] wykazali, że α -tokoferol (zastosowany w dawkach 250 i 1000 ppm) skutecznie opóźnia proces utleniania mikrokapsulkowanego oleju rybnego, przechowywanego w temp. 30 °C, przy wilgotności względnej 11 %, przez 7 dni w przeciwieństwie do palmitynianu askorbylu (dawka 250 ppm). Badacze, wybierając rodzaj przeciwutleniacza, nie wzięli jednak pod uwagę warunków otrzymywania mikrokapsulek. Powszechnie wiadomo, że palmitynian askorbylu, podgrzewany, łatwo ulega rozkładowi. Zmniejszenie liczby nadtlenkowej mikrokapsulkowanego oleju stabilizowanego dodatkiem ekstraktu zielonej herbaty, zamkniętego w mikrokapsułkach stanowiących mieszaninę skrobi modyfikowanej i maltodekstryn, oznaczonej po 36 dniach przechowywania (51,6 meq O₂/kg) w sto-

sunku do oznaczonej po 44 dniach przechowywania (37,1 meq O₂/kg) można tłumaczyć rozpadem pierwotnych produktów utlenienia (wodorotlenków, nadtlenków) do wtórnych produktów utlenienia (aldehidów, ketonów, kwasów, węglowodorów).

Niezakapsułkowany olej znajdujący się na powierzchni mikrokapsulek narażony jest na większe zmiany oksydacyjne [13]. Stopień utlenienia lipidów na powierzchni mikrokapsulek (rys. 3) oznaczono w analizowanych próbkach po 3 - 6 tygodniach przechowywania mikrokapsulek.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

oznaczenia A - L jak w tab. 1. / Determined values from A to L as in Tab. 1.

Rys. 3. Liczba nadtlenkowa oleju rybnego wyekstrahowanego z powierzchni mikrokapsulek.

Fig. 3. Peroxide value of fish oil extracted from surfaces of microcapsules.

Zaobserwowano, że w przypadku mikrokapsulek niezawierających przeciwutleniacza największą wartość liczby nadtlenkowej ma olej z powierzchni mikrokapsulek zbudowanych z gumy arabskiej (231,6 meq O₂/kg), natomiast najmniejszą – olej z powierzchni mikrokapsulek składających się ze skrobi modyfikowanej (54,0 meq O₂/kg). Dodatek maltodekstryny do mikrokapsulek zbudowanych z gumy arabskiej wpływał na zmniejszenie stopnia utlenienia oleju rybnego występującego na ich powierzchni. Odwrotną sytuację zaobserwowano w przypadku dodatku maltodekstryny do mikrokapsulek zbudowanych ze skrobi modyfikowanej. Zastosowanie mieszaniny tych nośników powodowało zmniejszenie trwałości oleju rybnego, występującego na powierzchni mikrokapsulek, podobnie jak to miało miejsce w przypadku oleju wyekstrahowanego z mikrokapsulek. Dodatek przeciwutleniaczy wpłynął na zwiększenie trwałości oleju na powierzchni mikrokapsulek. Po przeanalizowaniu wyników badań próbek z dodatkiem przeciwutleniacza naturalnego (próbki E - H) oraz syntetycznego

(próbki I - L) stwierdzono, że olej na powierzchni mikroksułek lepiej chronił przeciwutleniacz syntetyczny (wyjątek stanowią mikroksułki, w których jako nośnik zastosowano mieszaninę gumy arabskiej i maltodekstryny). Wyniki badań własnych są zgodne z danymi literaturowymi. Ahn i wsp. [2] w badaniach nad wpływem naturalnych przeciwutleniaczy na stabilność oleju słonecznikowego stwierdzili, że olej na powierzchni mikroksułek, które nie zawierały przeciwutleniaczy, utlenia się znacznie szybciej. Drusch i Schwarz [14] również stwierdzili, że głównie olej niezakapsułowany, znajdujący się na powierzchni mikroksułek ulega utlenieniu, a dodatek przeciwutleniaczy powoduje zwiększenie jego stabilności.

LOO to wskaźnik stopnia zjełczenia oleju, przy czym nie jest to najskuteczniejszy miernik kontroli jakości olejów, która zmienia się niesystematycznie w wyniku rozpadu pierwotnych do wtórnych produktów utlenienia, a dodatkowo wymaga dużej precyzji wykonania samego oznaczenia. W analizie stopnia utlenienia oleju rybnego ciekłego i zakapsułowanego stwierdzono większą trwałość oleju ciekłego. Dla porównania, po 217 dniach przechowywania LOO ciekłego oleju rybnego wyniosła 64,3 meq O₂/kg, podczas gdy LOO mikroksułowanego oleju rybnego stabilizowanego ekstraktem zielonej herbaty (osłonka – mieszanina gumy arabskiej i maltodekstryny, stanowiąca najlepszy wariant mikroksułek z dodatkiem przeciwutleniacza) oznaczona po 221 dniach przechowywania wyniosła 292,9 meq O₂/kg. Prawdopodobnie mniejsza stabilność oleju mikroksułowanego była związana z jego częściowym utlenieniem, zarówno podczas otrzymywania emulsji, jak również samego procesu mikroksułkowania oraz z szybkim utlenianiem oleju na powierzchni mikroksułek, tym bardziej, że powierzchnia ta jest bardzo rozbudowana. Według literatury przedmiotu, stabilność oksydacyjna mikroksułowanego oleju rybnego zależy w dużej mierze od warunków przechowywania proszku. Badania Kolanowskiego i wsp. [23] dowiodły, że mikroksułowany olej rybny utleniał się znacznie wolniej w obniżonej temp. (5 ± 0,5 °C), z dostępem powietrza niż w temp. pokojowej, a największą trwałość mikroksułowanego oleju rybnego stwierdzono w proszkach pakowanych próżniowo (po 30 dniach przechowywania liczba nadtlenkowa nie przekroczyła 10 meq O₂/kg). Wyniki badań własnych potwierdzają, że w aspekcie jakości produktów wzbogacanych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe bardzo ważne są odpowiednie warunki przechowywania.

Wnioski

1. Rodzaj nośnika ma istotny wpływ na stabilność oleju rybnego mikroksułowanego metodą suszenia rozpyłowego. Najbardziej skutecznym nośnikiem okazała się skrobia modyfikowana oraz mieszanina gumy arabskiej i maltodekstryny.
2. Olej rybny zamknięty w mikroksułkach zbudowanych ze skrobi modyfikowanej (E1450) charakteryzował się większą stabilnością w porównaniu z olejem zamkniętym w mikroksułkach z gumy arabskiej.

3. Poprawę stabilności mikrokapsułkowanego oleju rybnego można uzyskać stosując dodatek przeciwutleniaczy. Ekstrakt zielonej herbaty okazał się efektywniejszy niż BHA w zapobieganiu utleniania oleju rybnego zamkniętego w matrycach gumy arabskiej oraz w matrycach stanowiących mieszaninę skrobi modyfikowanej i maltodekstryny.
4. Mikrokapsułkowanie oleju rybnego metodą suszenia rozpyłowego jakkolwiek jest możliwe, jednak nie przedłuża w stopniu zadowalającym jego trwałości. Ciekły olej rybny charakteryzował się większą stabilnością w porównaniu z olejem rybnym zamkniętym w mikrokapsułkach.
5. Produkty spożywcze wzbogacane w mikrokapsułkowany olej rybny wymagają odpowiednich warunków przechowywania. Ich przechowywanie w temperaturze pokojowej, z dostępem powietrza, prowadzi do powstawania w bardzo krótkim czasie produktów utleniania lipidów.

Praca była prezentowana podczas XVIII Sesji Naukowej Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ i II Sesji Międzynarodowej „Quo Vadis Alimentum”, Poznań - Puszczykowo, 14 - 16 maja 2013 r.

Literatura

- [1] Ahmad N., Mukhtar H.: Green tea polyphenols and cancer: biologic mechanisms and practical implications. *Nutrition Review*, 1999, **57** (3), 78-83.
- [2] Ahn J.H., Kim Y.P., Kim H.S.: Effect of natural antioxidants on the lipid oxidation of microencapsulated seed oil. *Food Control*, 2012, **23**, 528-534.
- [3] Anwar S.H., Kunz B.: The influence of drying methods on the stabilization of fish oil microcapsules: Comparison of spray granulation, spray drying, and freeze drying. *J. Food Eng.*, 2011, **105**, 367-378.
- [4] Anwar S.H., Weissbrodt J., Kunz B.: Microencapsulation of fish oil by spray granulation and fluid bed film coating. *J. Food Sci.*, 2010, **75** (6), E359-E371.
- [5] Baik M.-Y., Suhendro E.L., Nawar W.W., McClements D.J., Decker E.A., Chinachoti P.: Effects of antioxidants and humidity on the oxidative stability of microencapsulated fish oil. *JAACS*, 2004, **81** (4), 355-360.
- [6] Barbosa D.S.: Green tea polyphenolic compounds and human health. *J. Verbr. Lebensm.*, 2007, **2**, 407-413.
- [7] Bast A., Haenen G.R.M.M.: The toxicity of antioxidants and their metabolites. *Environ Toxicol. Pharmacol.*, 2002, **11**, 251-258.
- [8] Buffo R., Reineccius G.: Optimization of gum acacia/modified starch/maltodextrin blends for the spray drying of flavors. *Perfumer & Flavorist*, 2000, **25**, 45-54.
- [9] Cadenas E., Packer L.: *Handbook of Antioxidants*. Marcel Dekker, New York 1996.
- [10] Chanamai R., McClements D.J.: Comparison of gum arabic, modified starch and whey protein isolate as emulsifiers: influence of pH, CaCl₂ and temperature. *J. Food Sci.*, 2002, **67** (1), 120-125.
- [11] Connor W. E.: Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2000, **71** (1 suppl), 171S-175S.
- [12] Dickinson E., Elverson D.J., Murray B.S.: On the film-forming and emulsion stabilizing properties of gum arabic: dilution and flocculation aspects. *Food Hydrocol.*, 1989, **3** (2), 101-114.

- [13] Domian E., Wąsak I.: Microencapsulation of rapeseed oil based on the spray drying method. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, **58** (4), 477-483.
- [14] Drusch S., Schwarz K.: Microencapsulation properties of two different types of n-octenylsuccinate-derivatised starch. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **222**, 155-164.
- [15] Fuchs M., Turchiuli C., Bohin M., Cuvelier M.E., Ordonnaud C., Peyrat-Maillard M.N., Dumoulin E.: Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. *J. Food Eng.*, 2006, **75**, 27-35.
- [16] Grajek W. (Red.): *Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*. WNT, Warszawa 2007.
- [17] Grajek W.: Rola przeciwutleniaczy w zmniejszeniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **1** (38), 3-11.
- [18] Heinzelmann K., Franke K.: Using freezing and drying techniques of emulsions for the microencapsulation of fish oil to improve oxidation stability. *Colloids Surf.*, 1999, **12**, 223-229.
- [19] Horrocks L.A., Yeo Y.K.: Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). *Pharmacol. Res.*, 1999, **40** (3), 211-225.
- [20] Innis S.M.: Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain. *Brain Res.*, 2008, **1237**, 35-43.
- [21] Kagami Y., Sugimura S., Fujishima N., Matsuda K., Kometani T., Matsumura Y.: Oxidative stability, structure, and physical characteristics of microcapsules formed by spray drying of fish oil with protein and dextrin wall materials. *J. Food Sci.*, 2003, **68** (7), 2248-2255.
- [22] Kolanowski W., Laufenberg G.: Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **222**, 472-477.
- [23] Kolanowski W., Ziółkowski M., Weißbrodt J., Kunz B., Laufenberg G.: Microencapsulation of fish oil by spray drying – impact on oxidative stability. Part 1. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **222**, 336-342.
- [24] Madhavi D.L., Deshpande S.S., Salunkhe D.K.: *Food antioxidants: Technological: Toxicological and health perspectives*. Marcel Dekker, New York 1996.
- [25] Moreau D.L., Rosenberg M.: Oxidative stability of anhydrous milkfat microencapsulated in whey proteins. *J. Food Sci.*, 1996, **61**, 39-43.
- [26] Pike I.H., Jackson A.: Fish oil: production and use now and in the future. *Lipid Technology*, 2010, **22** (3), 59-61.
- [27] PN ISO 3960:2005. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
- [28] Przybysz M.A., Dłużewska E., Korszeń M.: Wpływ rodzaju nośnika na trwałość przechowalniczą naturalnego β -karotenu mikrokapsułkowanego metodą suszenia rozpyłowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **5** (8), 84-98.
- [29] Serfert Y., Drusch S., Schmidt-Hansberg B., Kind M., Schwarz K.: Process engineering parameters and type of n-octenylsuccinate-derivatised starch affect oxidative stability of microencapsulated long chain polyunsaturated fatty acids. *J. Food Eng.*, 2009, **95**, 386-392.
- [30] Sheu T.Y., Rosenberg M.: Microstructure of microcapsules consisting of whey proteins and carbohydrates. *J. Food Sci.*, 1998, **63** (3), 491-494.
- [31] Szajdek A., Borkowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **4** (41) Supl., 5-28.
- [32] Tan Ch.-T.: Beverage emulsions. Chap. 12. In: *Food emulsions*. S. Friberg, K. Larsson and J. Sjoblom (Eds). Marcel Dekker, New York 2004, pp. 37-44.
- [33] Turbiano P.C.: The role of specialty food starches in flavor emulsions. *American Chemical Society Symposium Series*, 1995, **610**, 199-209.
- [34] Wagner L.A., Warthesen J.J.: Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes. *J. Food Sci.*, 1995, **60** (5), 1048-1053.

- [35] Zatsick N.M., Mayket P.: Fish oil getting to the heart of it. *The Journal for Nurse Practitioners*, 2007, **3** (2), 104-109.

EFFECT OF MICROENCAPSULATION PROCESS AND ADDITION OF ANTIOXIDANTS ON STABILITY OF FISH OIL

S u m m a r y

This objective of the research study was to determine the effect of type and amount of the carrier (wall material of microcapsules) as well as of the addition of antioxidants on stability of spray-dried microencapsulated fish oil after the microencapsulation process and during subsequent storage of the powder obtained. The 'ROPUFA '30' N-3 FOOD OIL' fish oil constituted the core of microcapsules. The carriers (walls of microcapsules) were made of arabic gum, maltodextrin (glucose equivalent 16.4), and starch sodium octenyl succinate (E1450). Green tea extract and butylated hydroxyanisole – BHA (E320) were applied as antioxidants. The amount of fish oil added equalled 10 % of the emulsion weight, and the amount of the carrier added ranged from 20 to 30 %. The stability of microencapsulated fish oil was determined by measuring the peroxide value of oil extracted from the whole microcapsules and from their surfaces. The research analysis was conducted over a period of eight months.

Based on the results obtained, it was found that the fish oil analysed was already partially oxidized during the stage of spray drying of emulsions, which contained this oil. Fish oil, enclosed in microcapsules composed of modified starch, was characterized by a higher stability compared to the oil contained in microcapsules with gum Arabic. The adding of maltodextrin to microcapsules made of gum Arabic caused the oxidative stability of microencapsulated fish oil to increase significantly. The adding of antioxidants caused the oxidative stability of microencapsulated fish oil to improve. The green tea extract appeared to be a more effective antioxidant.

Key words: microencapsulation, fish oil, wall materials, antioxidants, spray drying ☒

BARBARA CHILCZUK, IRENA PERUCKA, MAŁGORZATA MATERSKA,
HALINA BUCZKOWSKA

ZAWARTOŚĆ LUTEINY, ZEAKSANTYNY I β -KAROTENU W LIOFILIZOWANYCH OWOCACH WYBRANYCH ODMIAN *CUCURBITA MAXIMA D.*

Streszczenie

Luteina, zeaksantyna i β -karoten są związkami o właściwościach prozdrowotnych. Przedmiotem badań była ocena wybranych odmian dyni *Cucurbita maxima D.*: ‘Amazonki’, ‘Justynki’, ‘Ambar’ i ‘Otylii F1’ pod względem zawartości wymienionych karotenoidów w próbkach liofilizowanych. Zawartość karotenoidów analizowano z wykorzystaniem HPLC-DAD.

Stwierdzono, że liofilizowane owoce badanych odmian dyni są dobrym źródłem luteiny, zeaksantyny i β -karotenu. Dużą zawartość luteiny oznaczono w 1g liofilizatów otrzymanych z owoców odmiany ‘Justynka’ (0,186 mg) i ‘Amazonka’ (0,118 mg), podczas gdy najmniej luteiny było w liofilizatach z dyni odmiany ‘Ambar’, charakteryzujących się najwyższym poziomem β -karotenu (0,411 mg). Najmniejszą zawartością β -karotenu cechowały się liofilizaty otrzymane z owoców odmiany ‘Otylia F1’. Stwierdzono, że liofilizaty z owoców dyni *Cucurbita maxima D.* odmiany ‘Justynka’, ‘Amazonka’ i ‘Ambar’ są bogate w naturalne karotenoidy i mogą być szeroko wykorzystywane w przemyśle spożywczym jako źródło bioaktywnych prozdrowotnych związków fitochemicznych.

Słowa kluczowe: *Cucurbita maxima D.*, owoce liofilizowane, luteina, zeaksantyna, β -karoten

Wprowadzenie

W polskim przemyśle spożywczym obserwuje się wzrost zainteresowania dynią jako warzywem przydatnym do przetwórstwa [30]. Przyczyniło się do tego m.in. wyhodowanie odmian o mniejszej komorze nasiennej, o większym udziale suchej masy, o grubszym miąższu oraz zwiększonej zawartości substancji odżywczych [22].

*Mgr B. Chilczuk, prof. dr hab. I. Perucka, dr M. Materska, Katedra Chemii, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, prof. dr hab. H. Buczkowska, Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych, Wydz. Ogrodnictwa i Architektury Krajo-
brazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin.
Kontakt: irena.perucka@up.lublin.pl*

Skład chemiczny dyni zależy przede wszystkim od odmiany i warunków klimatycznych [12]. Miąższ dyni jest bogatym źródłem składników mineralnych (Mg, Ca, F, P, Fe, Se), pektyn [20, 25], witamin (E, C, B₆, B₁, B₂ i B₃) [13] oraz karotenoidów, takich jak: luteina, β -karoten, β -kryptoksantina, zeaksantina a w niektórych odmianach – likopenu [17, 18].

Karotenoidy należą do naturalnych barwników nadających żółty, pomarańczowy lub czerwony kolor produktom żywnościowym. Wiele z nich wykazuje działanie prozdrowotne. Przykładem jest luteina, która ma duże znaczenie żywieniowe [22] ze względu na właściwości przeciwutleniające, przeciwnowotworowe oraz zabezpieczające organizm przed chorobami układu krążenia [16]. Luteina i inne karotenoidy, stosowane jako suplementy diety bądź aplikowane bezpośrednio na skórę, zapobiegają przed zbyt wczesnym starzeniem i uszkodzeniami spowodowanymi promieniowaniem słonecznym i UV. Pełnią rolę substancji promieniochronnych, uniemożliwiając tym samym powstawanie stanów zapalnych indukowanych przez reaktywne formy tlenu [14]. Luteina wraz z zeaksantyną, dzięki ograniczeniu stresu oksydacyjnego, chronią wrażliwą tkankę oka przed chorobami związanymi ze zwyrodnieniem plamki żółtej (AMD) i barwnikowym zwyrodnieniem siatkówki oka, indukowanymi światłem oraz przed kataraktą [8, 16]. Zarówno luteina, jak i zeaksantina są selektywnie gromadzone w siatkówce i chronią ją przed związaną z wiekiem degeneracją, która może doprowadzić do utraty wzroku u osób powyżej 60. roku życia. Stwierdzono również, że stosunek zeaksantyny do luteiny zwiększa się w kierunku centrum żółtej plamki, co wskazuje, że zeaksantina odgrywa specjalną rolę w widzeniu [16].

Spośród wszystkich karotenoidów β -karoten jest barwnikiem i prowitaminą A o największej aktywności. Właściwości prowitamins A wykazuje również α -karoten, γ -karoten i β -kryptoksantina [9, 10]. β -karoten przeciwdziała rozwojowi wielu chorób [11]. Witamina A zapobiega powstawaniu wolnych rodników [25]. Ponadto chroni przed niektórymi nowotworami i skutkami miażdżycy. Witamina A, podobnie jak luteina i zeaksantina, jest niezbędna do prawidłowego widzenia, rozwoju i wzrostu [24, 28]. U osób ze stwierdzonym zwyrodnieniem plamki żółtej, długotrwała suplementacja diety β -karotenem i witaminą C wraz z innymi składnikami dietetycznymi może wykazać pozytywne działanie oraz spowodować spowolnienie przebiegu choroby [27]. β -karoten chroni także przed zwyrodnieniem gruczoły łzowe, ślinianki oraz nabłonek wyścielający błony śluzowe przewodu pokarmowego. Poprzez ochronę dróg moczowych zapobiega tworzeniu się kamieni i złożeń piasku [3]. Ten związek i jego pochodne, dzięki właściwościom przeciwutleniającym i zdolności usuwania wolnych rodników, polecany jest w profilaktyce i terapii nowotworów m.in. czerniaka, jelita grubego, płuc i prostaty [23]. Dieta, która dostarcza odpowiednie do dziennego zapotrzebowania ilości β -karotenu, flawonoidów, kwasów tłuszczowych *n-3*, może także zapobiegać rozwojowi raka płuc. β -Karoten wpływa na funkcjonowanie układu odpor-

nościowego. Prowadzi do wzrostu poziomu monocytów i cząsteczek odpowiedzialnych za adhezję komórek. Wpływa także na ekspresję enzymu HMG-Co A reduktazy, który może być odpowiedzialny za hamowanie syntezy cholesterolu endogenego, transformacje i proliferację komórek [31].

W dostępnej literaturze niewiele jest prac poświęconych ocenie jakościowej owoców dyni pod względem poziomu luteiny i zeaksantyny po rozdzieleniu frakcji karotenoidowej [16]. W większości prac oznaczano jedynie zawartość β -karotenu i sumy karotenoidów [22, 33] lub β -karotenu i luteiny [7].

Celem badań była ocena jakości liofilizatów otrzymanych z miąższu wybranych odmian dyni olbrzymiej pod względem zawartości luteiny, zeaksantyny i β -karotenu z możliwością ich zastosowania do produkcji żywności funkcjonalnej.

Materiał i metody badań

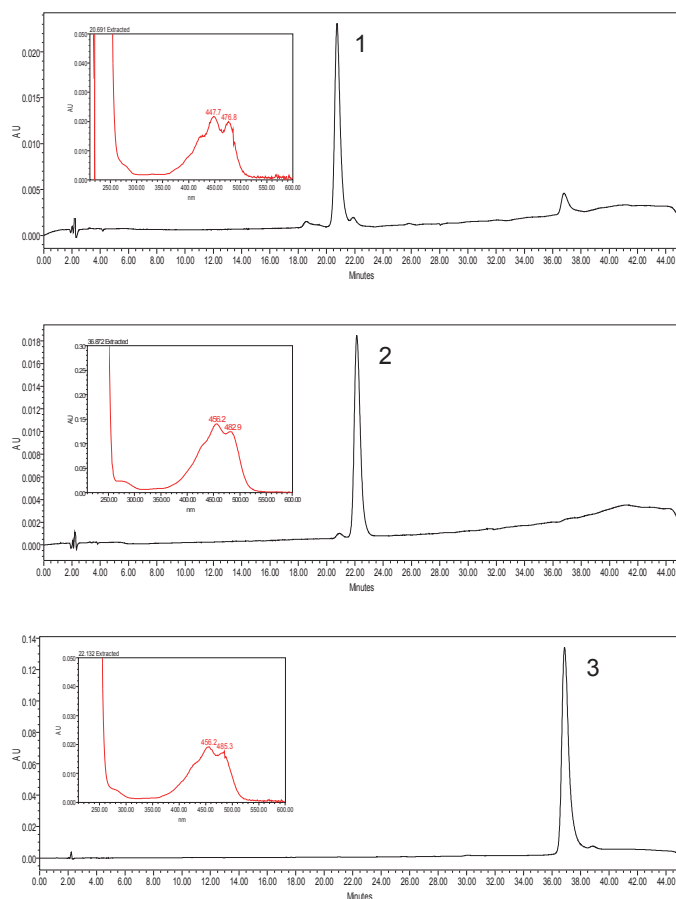
Przedmiotem badań były owoce czterech odmian dyni *Cucurbita maxima* D: 'Amazonki', 'Justynki', 'Ambar' i 'Otylii F1'. Nasiona dyni pochodziły z hodowli Katedry Genetyki, Hodowli i Biotechnologii SGGW w Warszawie. Dynia została wysiana w trzeciej dekadzie maja na poletkach doświadczalnych Katedry Warzywnictwa i Roślin Leczniczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w latach 2010 i 2011. Owoce zbierano w połowie października, a następnie ważono i określano ich masę jednostkową. Po umyciu i usunięciu skórki oraz pestek dynię krojono w kostki o boku 5 mm. Część prób wykorzystano do bezpośredniego oznaczenia zawartości suchej masy, a pozostałą część zamrażano w temp. $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Następnie poddawano je procesowi liofilizacji w liofilizatorze firmy Labconco Freezone 12, w temp. $25 \div 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ i pod ciśnieniem 2,7 Pa. Tak przygotowane liofilizaty wykorzystano do dalszych badań.

Zawartość suchej masy oznaczano przez suszenie próbek świeżego miąższu dyni w suszarce (Pol-Eko, Polska) etapowo, początkowo w temp. $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, a następnie w $100 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, z wentylacją 100-procentową, do stałej masy. W ten sam sposób oznaczano suchą masę w liofilizatach, z tym, że I etap ogrzewania był prowadzony w temp. $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Izolację karotenoidów i oznaczenie ilościowe wykonywano za pomocą wysoko-sprawnej chromatografii cieczowej HPLC (Waters, USA) w próbach zliofilizowanego miąższu owoców dyni zmodyfikowaną metodą bez stosowania saponifikacji, którą proponowali Murillo i wsp. [16] lub zmydlania – co postulowali De Rosso i Mercadante [7].

Ekstrakty karotenoidów otrzymywano z liofilizatów (0,4 mg), które ucierano z mieszaniną acetonu i eteru naftowego (1 : 1). Następnie, po oddzieleniu tkanki roślinnej, z ekstraktu usuwano aceton i frakcję hydrofilową przez wymycie wodą. W wyniku tego otrzymywano ekstrakt eterowy z mieszaniną barwników karotenoido-

wych według wcześniej publikowanej metody własnej dotyczącej otrzymywania karotenoidów z owoców papryki [26].



Objaśnienia: / Explanatory notes: 1 – luteina / lutein; 2 – zeaksantyna / zeaxanthin; 3 – β-karoten / β-carotene.

Rys. 1. Chromatogramy i widma absorpcji wzorców w fazie mobilnej, otrzymane za pomocą HPLC-DAD.

Fig. 1. Chromatograms and absorption spectra of standards in mobile phase, obtained by HPLC-DAD.

Tak przygotowany ekstrakt zatężano w wyparce próżniowej w temp. 35 °C do uzyskania oleistej pozostałości, następnie roztwarzano w 2 ml metanolu (Merck) i poddawano analizie chromatograficznej.

Luteinę, zeaksantynę i β-karoten, oznaczano za pomocą wysokosprawnej chromatografii ciekowej HPLC z detektorem PAD 2998 firmy Waters z pompą 600E i za-

strzykiwaczem reodynowym 7725i. oraz kolumną RP-18 Atlantis T3 3 μ m, 4,6 \times 150 mm według modyfikacji metody podanej przez Mou [15] oraz Caldwell i Britz [4].

Elucję wykonywano z użyciem rozpuszczalnika A – 80 % acetonitrylu z 0,05 % trietyloaminą i B – octanu etylu. Zastosowano gradient do 65 % A : 35 % B w 35. min, a następnie zachowywano tę proporcję w układzie izokratycznym przez kolejne 5 min przy przepływie 1,2 ml/min. Podczas analizy roztwory były odgazowywane w urządzeniu firmy Waters. Rejestrację prowadzono przy długości fali $\lambda = 450$ nm. Związki identyfikowano na podstawie widm w zakresie od 200 do 600 nm oraz czasów retencji porównywanych z wzorcami.

Wyniki badań opracowano statystycznie z użyciem programu Statgraphic Centurion XVI. Do wykazania istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji – test Tukeya przy $p \leq 0,05$.

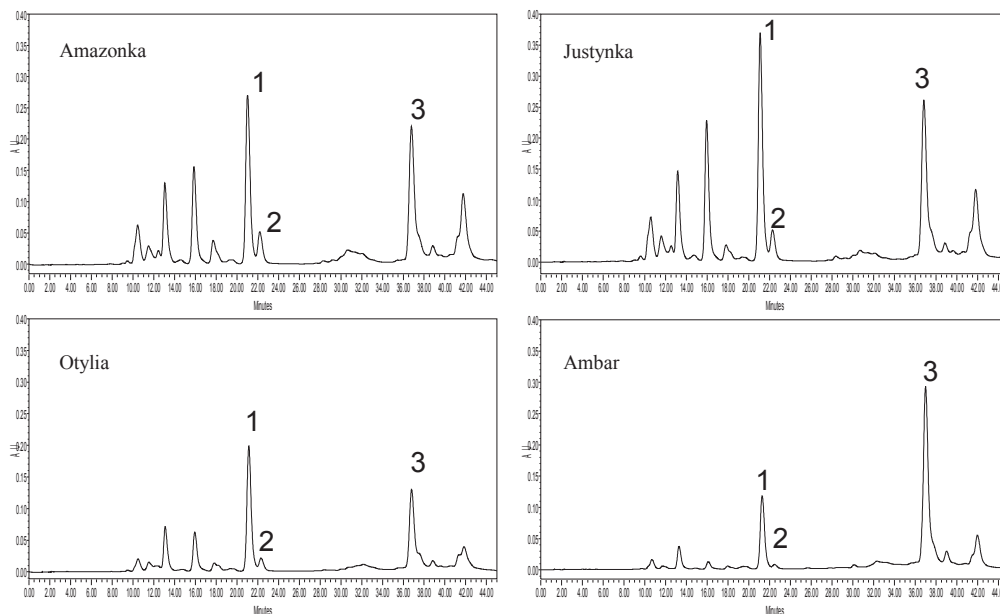
Wyniki i dyskusja

Zastosowana procedura rozdziału karotenoidów za pomocą HPLC–DAD może być stosowana do oceny jakościowej liofilizatów otrzymanych z owoców różnych odmian dyni pod względem zawartości luteiny, zeaksantyny i β -karotenu (rys. 1 i 2). Porównanie czasów retencji rozdzielanych karotenoidów w ekstraktach wykazało nieznaczne zróżnicowanie z czasami retencji wzorców, świadczące o właściwym doborze parametrów rozdziału (rys. 1 i 2). Maksimum absorpcji luteiny określono przy długości fali odpowiednio: $\lambda = 447,7$ i $476,8$, zeaksantyny – $\lambda = 456,2$ i $482,9$, a β -karotenu – $\lambda = 456,2$ i $485,3$ (rys. 1). Azevedo-Meleiro i Rodriguez-Amaya [1] uzyskali nieznacznie niższe długości fal, w przypadku luteiny – $\lambda = 447$ i 475 , zeaksantyny – $\lambda = 454$ i 480 nm, a β -karotenu – $\lambda = 454$ i 480 nm. Różnice mogą być spowodowane innym składem fazy ruchomej w zastosowanej procedurze rozdziału.

Wyniki zawartości suchej masy, luteiny, zeaksantyny i β -karotenu w liofilizatach owoców wybranych odmian dyni przedstawiono w tab. 1. W liofilizowanych owocach odmiany ‘Amazonka’, ‘Justynka’ i ‘Ambar’ zawartość suchej masy wynosiła $97,04 \div 96,72$ %. Wartości te nie różniły się pod względem statystycznym ($p \leq 0,05$) zarówno w obrębie odmian, jak i lat prowadzonych badań. Najmniejszą zawartość suchej masy (92,66 %) oznaczono w liofilizatach owoców odmiany ‘Otylia F1’ (tab. 1).

Owoce dyni są cennym źródłem luteiny. Murillo i wsp.[16] wykazały, że owoce dyni *Cucurbita maxima* charakteryzowały się największą zawartością luteiny spośród badanych warzyw, takich jak: marchew, żółta i pomarańczowa papryka czy pomidory. Jej poziom w owocach odmiany *Cucurbita maxima* wynosił $81,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ św.m., co stanowiło 47,2 % ogólnej zawartości karotenoidów. W badaniach własnych stwierdzono, że poszczególne odmiany dyni istotnie ($p \leq 0,05$) różniły się pod względem zawartości tego karotenoidu (tab. 1). Najwięcej luteiny w przeliczeniu na 1 g liofilizatu było w owocach odmiany ‘Justynka’ (0,1863 mg) i ‘Amazonka’ (0,1184 mg), co stanowiło

odpowiednio: około 34 i 23 % sumy oznaczonych karotenoidów. Najmniej luteiny zawierały owoce odmiany ‘Ambar’ (0,0588 mg) (tab. 1).



Rys. 2. Chromatogramy RP-HPLC-DAD frakcji karotenoidów owoców wybranych odmian dyni *Cucurbita maxima* D. przy $\lambda = 450$ nm.

Fig. 2. Chromatograms by RP-HPLC-DAD of carotenoid fractions of selected cultivars of *Cucurbita maxima* D. at $\lambda = 450$ nm.

Innym, ważnym pod względem zdrowotnym karotenoidem jest zeaksantyna. Jej największą zawartość stwierdzono w liofilizatach owoców odmiany ‘Amazonka’ ($0,0488 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) i ‘Justynka’ ($0,0448 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) – była około 3-krotnie większa niż w liofilizatach z odmiany ‘Otylia F1’. W owocach odmiany ‘Ambar’ zeaksantyna występowała w ilościach śladowych ($0,0011 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). Nie wykazano statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$) różnic pod względem zawartości luteiny i zeaksantyny w liofilizatach owoców dyni odmiany ‘Justynka’ i ‘Ambar’ uprawianych w latach 2010 i 2011. W liofilizatach owoców pozostałych odmian wartości średnie zależne od okresu uprawy różniły się od 12 do 20 %.

Dynia jest też cennym źródłem β -karotenu. Wśród badanych związków był dominującym składnikiem frakcji karotenoidowej. Zawartość tego związku w zależności od

Tabela 1. Zawartość suchej masy, luteiny zeaksantyny, β -karotenu i sumy karotenoidów w liofilizowanych owocach dyni *Cucurbita maxima* D.
 Table 1. Content of dry matter, lutein, zeaxanthin, β -carotene, and total carotenoids in lyophilized fruits of *Cucurbita maxima* D.

Odmiana Cultivar	Rok Year	Sucha masa Dry matter [%]	Luteina Lutein [mg·g ⁻¹]	Zeaksantyna Zeaxanthin [mg·g ⁻¹]	β -karoten β -Carotene [mg·g ⁻¹]	Suma karotenoidów Total of carotenoids [mg·g ⁻¹]
'Amazonka'	2010	97,20 ^A ± 0,1261	0,1095 ^A ± 0,0025	0,0447 ^A ± 0,0120	0,2488 ^A ± 0,0183	0,4030
'Amazonka'	2011	96,88 ^A ± 0,2997	0,1273 ^B ± 0,0006	0,0529 ^B ± 0,0005	0,4434 ^B ± 0,0167	0,6236
'Amazonka'	\bar{x}	97,04 ^A ± 0,1598	0,1184 ^A ± 0,009	0,0488 ^A ± 0,0091	0,3460 ^{A, B} ± 0,099	0,5132
'Justynka'	2010	97,79 ^A ± 1,0566	0,1821 ^C ± 0,0003	0,0435 ^A ± 0,0019	0,3223 ^C ± 0,0251	0,5479
'Justynka'	2011	97,78 ^A ± 1,1419	0,1905 ^C ± 0,0203	0,0462 ^A ± 0,0032	0,3111 ^C ± 0,0047	0,5478
'Justynka'	\bar{x}	97,78 ^A ± 0,0047	0,1863 ^B ± 0,015	0,0448 ^A ± 0,0010	0,3167 ^{A, C} ± 0,022	0,5478
'Ambar'	2010	96,36 ^B ± 1,2975	0,0574 ^D ± 0,0021	0,0017 ^C ± 0,0002	0,4642 ^B ± 0,0001	0,5233
'Ambar'	2011	96,72 ^B ± 1,2563	0,0603 ^D ± 0,0008	0,0005 ^C ± 0,0001	0,3584 ^C ± 0,0001	0,4192
'Ambar'	\bar{x}	96,64 ^A ± 0,1810	0,0588 ^C ± 0,002	0,0011 ^B ± 0,001	0,4113 ^B ± 0,053	0,4712
'Otylia FI'	2010	93,10 ^C ± 0,1796	0,0936 ^F ± 0,0009	0,0192 ^E ± 0,0002	0,2402 ^A ± 0,0379	0,3530
'Otylia FI'	2011	92,23 ^D ± 0,1205	0,0780 ^F ± 0,0007	0,0143 ^F ± 0,0028	0,2910 ^C ± 0,0162	0,3833
'Otylia FI'	\bar{x}	92,66 ^B ± 0,4370	0,0858 ^D ± 0,008	0,0167 ^C ± 0,003	0,2656 ^C ± 0,039	0,3681

Objaśnienia: / Explanatory notes:

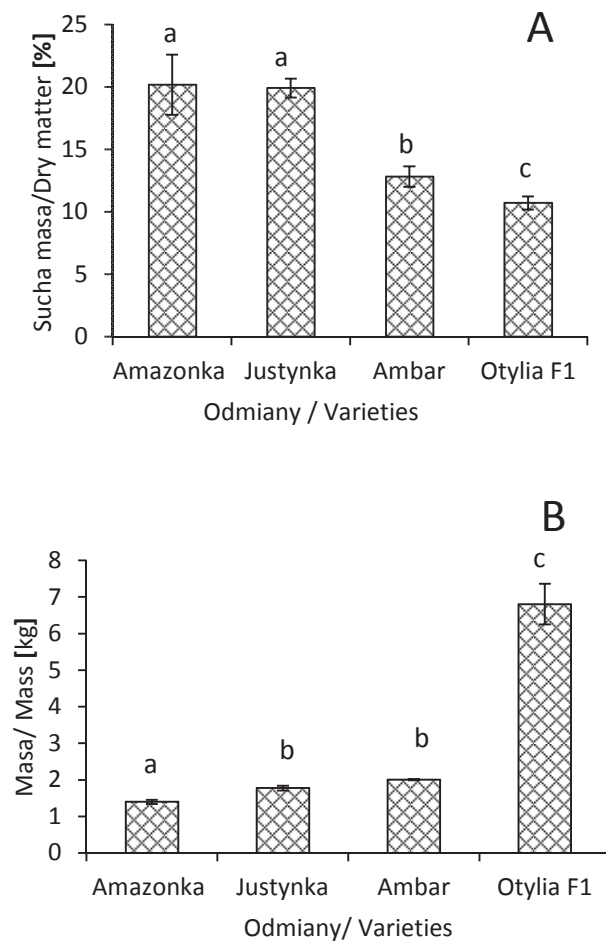
podano wartości średnie (\bar{x}) z dwóch lat ± odchylenie standardowe / there are shown mean values (\bar{x}) from two years ± standard deviation; n = 2
 a - d, A - F - te same litery w kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnych różnic między wartościami średnimi na poziomie istotności $p \leq 0,05$. /
 the same letters in columns denote no statistically differences among mean values at $p \leq 0.05$

odmiany wahała się od 0,266 do 0,411 mg w 1 g liofilizatu i była największa w liofilizatach owoców dyni odmiany 'Ambar' (0,411 mg) (tab. 2). Owoce odmiany 'Amazonka' i 'Justynka', które charakteryzowały się wysokimi poziomami luteiny i zeaksantyny zawierały mniej β -karotenu, odpowiednio o ponad 16 i 23 % w porównaniu z odmianą 'Ambar'. Otrzymane wyniki potwierdzają dane literaturowe [2, 6, 21, 31]. Sztangret i wsp. [31] podają, że zawartość β -karotenu w owocach odmiany 'Amazonka' wynosiła $0,440 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m., była więc na podobnym poziomie, jaki uzyskano w badaniach własnych (tab. 1). Z kolei Niewczas i Mitek [21] oznaczyły w owocach dyni 'Justynka' o ponad 40 % mniej tego karotenu niż w badaniach przeprowadzonych przez autorów niniejszej pracy, natomiast suma karotenoidów była na podobnym poziomie (tab. 1). Przyczyn różnicy przypuszczalnie należy upatrywać w różnych technikach oznaczania. Jak podają Danilcenko i wsp. [6], zawartość β -karotenu może wahać się od 0,15 mg do 0,35 mg w 1 g s.m. w zależności od odmiany. Biesiada [2] wykazał natomiast, że poziom β -karotenu waha się od 0,02 do 0,1 mg i może osiągać 0,22 mg w 1 g św.m. Ilościowe i jakościowe zróżnicowanie składu karotenoidów w owocach *Cucurbita maxima* i *Cucurbita pepo* wykazały Azevedo-Meleiro i Rodriguez-Amaya [1], wskazując na czynnik genetyczny tego zróżnicowania. Autorki [1] podały, że odmiana 'Expsicao' *C. maxima* zawierała $14,9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ św.m. β -karotenu, natomiast odmiana 'Mangango' *C. pepo* około 3 razy mniej ($5,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ św. m). Są to wartości odpowiadające zawartości β -karotenu w 1 g liofilizatu otrzymanego z miąższu owoców odmiany 'Otylia F1' w przeliczeniu na 1 g św.m. Inni autorzy wykazali, że skład chemiczny dyni zależy nie tylko od odmiany, ale też bardzo ważną rolę odgrywają warunki pogodowe w kolejnych latach badań [12]. Istotny wpływ na skład chemiczny ma także stopień nasłonecznienia, a szczególnie rozkład temperatury wewnątrz owoców w fazie dojrzewania [21]. W badaniach własnych stwierdzono, że najbardziej odporna na zmianę warunków pogodowych była odmiana 'Justynka'. Zawartość luteiny, zeaksantyny i β -karotenu w liofilizatach owoców tej odmiany nie różniły się statystycznie ($p \leq 0,05$) w kolejnych latach badań (tab. 1).

Jedną z głównych i podstawowych cech określających przydatność technologiczną produktów roślinnych jest zawartość suchej masy w świeżym surowcu. Największą zawartością suchej masy charakteryzowały się owoce dyni 'Amazonka' (20,18 %) i 'Justynka' (19,91 %), natomiast w owocach dyni 'Ambar' i 'Otylia F1' było jej mniej, odpowiednio: 12,83 i 10,71 % (rys. 3). Dane literaturowe dowodzą dużych różnic zawartości suchej masy w owocach dyni, w zależności od odmiany [19, 29, 32].

Odnosząc zawartość suchej masy do masy jednostkowej stwierdzono, że owoce odmiany 'Amazonka', 'Justynka' i 'Ambar' o mniejszych owocach charakteryzowały się większą zawartością suchej masy niż odmiana 'Otylia F1'. Masa jednostkowa owoców odmiany 'Otylia F1' była o ponad 3,5-krotnie większa w porównaniu z masą jednostkową owoców odmiany 'Justynka' i 'Ambar' i ponad 5-krotnie – w porównaniu

z odmianą ‘Amazonka’. Dodatkowo zaobserwowano, że liofilizaty owoców odmiany ‘Otylia F1’ zawierały najmniej badanych karotenoidów.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a - c – grupy jednorodne wartości średnich z lat 2010/2011 w analizie wariancji dla $p \leq 0,05$ / homogeneous groups in analysis of variance as regards mean values from year 2010/2011 at $p \leq 0,05$.

Rys. 3. Charakterystyka owoców dyni *Curcubita maxima* D. pod względem zawartości suchej masy (A) i masy jednostkowej (B).

Fig. 3. Profile of *Curcubita maxima* D. pumpkin fruit as regards content of dry matter (A) and unit mass (B).

Wnioski

1. Liofilizowane owoce dyni *Cucurbita maxima* D. stanowią cenne źródło luteiny, zeaksantyny i β -karotenu.
2. Największą zawartością zeaksantyny oraz luteiny charakteryzowały się liofilizaty owoców dyni odmiany 'Amazonka' i 'Justynka', natomiast najmniejszą - 'Ambar', które z kolei zawierały najwięcej β -karotenu.
3. Spośród badanych odmian dyni najmniej karotenoidów ogółem zawierały liofilizaty owoców 'Otylii F1'. Świeże owoce tej odmiany miały też najmniej suchej masy, były natomiast największe pod względem masy jednostkowej.
4. Do przetwórstwa spożywczego zaleca się owoce dyni odmian: 'Amazonka', 'Justynka' i 'Ambar' z uwagi na dużą zawartość luteiny, zeaksantyny oraz β -karotenu w liofilizatach, które mogą być cennym półproduktem do otrzymania żywności funkcjonalnej.

Literatura

- [1] Azevedo-Meleiro H.C., Rodriguez-Amaya B.D.: Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo*. J. Agric. Food Chem., 2007, **55**, 4027-4033.
- [2] Biesiada A., Kucharska A., Sokół-Lętowska A.: Plonowanie i wartość odżywcza wybranych odmian użytkowych *Cucurbita pepo* L. oraz *Cucurbita maxima* Duch. Folia Hort., 2006, **1** Supl., 66-69.
- [3] Bołonowska O., Pietrosiuk A., Sykłowska-Baranek K.: Roślinne związki barwne i ich właściwości biologiczne oraz możliwości wytwarzania w kulturach *in vitro*. Biul. Wydz. Farm. WUM, 2011, **1**, 1-27.
- [4] Caldwell R.Ch., Britz J.S.: Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house- grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L) cultivars. J. Food Compos. Anal., 2006, **19**, 637-644.
- [5] Chiste R.C., Mercadante A.Z.: Identification and quantification, by HPLC- PDA-MS/MS, of carotenoids and phenolic compounds from the Amazonian fruit *Caryocar villosum*. J. Agric. Food Chem., 2012, **60** (23), 5884-5892.
- [6] Danilcenko H., Jariene E., Paulauskiene A., Kulajtiene J., Viskelis P.: Wpływ nawożenia na jakość i skład chemiczny dyni. Ann. UMCS, Sectio E, 2004, **59** (4), 1949-1956.
- [7] De Rosso V., Mercadante A.Z.: HPLC-PDA-MS/MS of anthocyanins and carotenoids from Dovyalis and Tamarillo fruits. J. Agric. Food Chem., 2007, **55**, 9135-9141.
- [8] Hamułka J., Slifierska A.: Ocena spożycia luteiny wśród wybranej grupy studentów. Żyw. Czł. Met., XXXII, 2007 (1/2).
- [9] Handelman G.: The evolving role of carotenoids in human biochemistry. Nutrition., 2001, **17** (10), 818-822.
- [10] Jabłońska-Ryś E., Zalewska-Korona M.: Ocena barwy oraz zawartości barwników karotenoidowych w owocach pomidora nowych linii hodowlanych. Bromatol. Chem. Toksykol. 2009, XLII (3), 926-931.
- [11] Kalisz O., Wolski T., Gerkowicz M., Smorawski M.: Reaktywne formy tlenu (RTF) oraz ich rola w patogenezie niektórych chorób. Ann. Uniw. M. Curie-Skłodowska, Lublin - Polonia, 2007, **LXII** (1), 87-99.

- [12] Korzeniewska A., Sztangret J., Seroczyńska A., Niemirowicz-Szczytt K.: Zawartość związków karotenoidowych w owocach dyni olbrzymiej (*Cucurbita Maxima L.*). Zesz. Probl. Nauk Roln., 2004, **497**, 339-345.
- [13] Kowalska H.: Kinetyka osmotycznego odwadniania dyni. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **2** (47) Supl., 135-142.
- [14] Morganti P., Sousa Martins D., Morganti G.: Aktywność luteiny w skórce. J. Soc. Cosm. Chemis., 2008, **1**, 13-19.
- [15] Mou B.: Genetic variation of beta-carotene and lutein contents in lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 2005, **130** (6), 870-876.
- [16] Murillo E., Melendez-Martinez J.A., Portugal F.: Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. Food Chem., 2010, **122**, 167-172.
- [17] Murkovic M., Gams K., Draxl S., Pfannhanser W.: Development of Austrian carotenoid databases. J. Food Compos. Anal., 2000, (13), 435-440.
- [18] Murkovic M., Mulleder U., Neunteufl H.: Carotenoid content in different varieties of pumpkins. J. Food Compos. Anal., 2002, **15**, 633-638.
- [19] Nawirska A., Sokół-Lętowska A., Kucharska A., Biesiada A., Bednarek M.: Porównanie zawartości frakcji włókna pokarmowego w odmianach dyni z gatunku *Cucurbita maxima* i *Cucurbita pepo*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **1** (56), 65-73.
- [20] Nawirska-Olszańska A., Kucharska A., Sokół-Lętowska A., Biesiada A.: Ocena jakości dżemów z dyni wzbogaconych pigwowcem, dereniem i truskawkami. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **1** (68), 40-48.
- [21] Niewczas J., Mitek M.: Wpływ przechowywania nowych odmian dyni olbrzymiej na wybrane parametry składu chemicznego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **5** (54), 155-164.
- [22] Niewczas J., Szweda D., Mitek M.: Zawartość wybranych składników prozdrowotnych w owocach dyni olbrzymiej (*Cucurbita maxima*). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **2** (43) Supl., 147-155.
- [23] Pasko P., Bednarczyk M.: Szarłat (*Amaranthus sp.*) – możliwości wykorzystania w medycynie. Bromatol. Chem. Toksykol., 2007, XL (2), 217-222.
- [24] Pękosińska A., Lenart A.: Wpływ stężenia i temperatury syropu skrobiowego na przebieg odwadniania osmotycznego dyni. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **5** (60), 116-125.
- [25] Pękosińska-Garstka A., Lenart A.: Wybrane właściwości fizyczne miąższu dyni odwadnianej osmotycznie w roztworach cukrów. Acta Agrophysica, 2010, **2** (16), 413-422.
- [26] Perucka I., Materska M., Jachacz L.: Ocena jakości preparatów otrzymanych z wysuszonych owoców papryki. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **1** (68), 30-39.
- [27] Piotrowicz J., Zagrodzki P.: Żywieniowe aspekty zwyrodnienia plamki związane z wiekiem AMD. Bromatol. Chem. Toksykol., 2009, XLII (3), 1057-1062.
- [28] Seo J.S., Burri B.J., Quan Z., Neidlinger T.R.: Extraction and chromatography of carotenoids from pumpkin. J. Chromatogr., 2005, **1073**, 371-375.
- [29] Seroczyńska A., Korzeniowska A., Sztangret J., Niemirowicz-Szczytt K., Gajewski M.: Relationship between carotenoids content and flower or fruit flesh colour of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch). Folia Hort., 2006, **18** (1), 51-61.
- [30] Sojak M., Głowacki Sz.: Analysis of giant pumpkin (*Cucurbita maxima*) drying kinetics in various technologies of convective drying. J. Food Eng., 2010, (99), 323-329.
- [31] Stanaszek K., Goździcka-Józefiak A.: Wpływ β -karotenu i retinoidów na proliferację i transformację nowotworową komórek. Biotechnologia, 2008, **82** (3), 28-45.
- [32] Sztangret J., Korzeniewska A., Niemirowicz-Szczytt K.: Ocena plonowania oraz zawartości suchej masy i związków karotenoidowych w nowych mieszańcach dyni olbrzymiej (*Cucurbita maxima* Duch.). Folia Hort., 2001, (13/1A) Supl., 437-443.

- [33] Wojdyła T., Wichrowska D., Rolbiecki R., Rolbiecki S., Weltrowska-Mendzińska B.: Zawartość wybranych składników chemicznych w dyni makaronowej świeżej po zbiorach i po przechowywaniu oraz konserwowanej – w zależności od nawadniania i odmiany. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **3** (52), 82-89.

CONTENT OF LUTEIN, ZEAXANTHIN, AND β -CAROTENE IN LYOPHILIZED FRUITS OF SELECTED CULTIVARS OF *CUCURBITA MAXIMA* D

S u m m a r y

Lutein, zeaxanthin and β -carotene are compounds showing health-promoting properties. The objective of the research study was to assess the selected cultivars of *Cucurbita maxima* D: 'Amazonka', 'Justynka', 'Amber', and 'Otylia F1' from the point of view of the content of the above named compounds in the lyophilized samples. The content of those carotenoids was determined using HPLC-DAD.

It was found that the lyophilized fruits of the pumpkin cultivars analyzed were a valuable source of lutein, zeaxanthin, and β -carotene. Large amounts of lutein were determined in 1 g of dried fruits of the 'Justynka' cv. (0.186 mg) and 'Amazonka' cv. (0.118 mg), whereas the smallest amounts of lutein were determined in the lyophilized fruits of 'Amber' cultivar, which were characterized by the highest level of β -carotene (0.411 mg). The lyophilized fruits of 'Otylia F1' cultivar were characterized by the smallest amount of β -carotene. Furthermore, it was reported that the lyophilized fruits of 'Justynka', 'Amazonka' and 'Ambar' cultivars were rich in natural carotenoids and might be widely used in food industry as a source of bioactive, health promoting phytochemical compounds.

Key words: *Cucurbita maxima*, lyophilized fruits, lutein, zeaxanthin, β -carotene ☒

JACEK SŁUPSKI, ANNA KORUS

WPLYW MROŻENIA I STERYLIZACJI NA ZAWARTOŚĆ AMINOKWASÓW I JAKOŚĆ BIAŁKA W PRODUKTACH Z NASION FASOLI ZWYCZAJNEJ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) O NIEPEŁNEJ DOJRZAŁOŚCI

Streszczenie

Celem pracy była ocena zawartości aminokwasów w nasionach dwóch odmian fasoli zwyczajnej ('Igołomska' i 'Laponia') zbieranych w stadium dojrzałości woskowej oraz ocena wpływu sposobu konserwowania na zawartość tych składników. Analizowano nasiona świeże i ugotowane, produkty mrożone metodą tradycyjną oraz produkty typu żywność wygodna (mrożone metodą zmodyfikowaną i sterylizowane). Produkty mrożone uzyskano metodami: tradycyjną (blanszowanie – mrożenie – zamrażalnicze składowanie – gotowanie) i zmodyfikowaną (gotowanie – mrożenie – zamrażalnicze składowanie – rozmrożenie i podgrzanie w kuchence mikrofalowej). Świeże nasiona fasoli zebrane w stadium dojrzałości woskowej o zawartości suchej masy na poziomie 40 g/100 g zawierały 7085 - 7886 mg aminokwasów w 100 g części jadalnych. Obróbka technologiczna i przygotowanie produktów do spożycia powodowały zmiany zawartości poszczególnych aminokwasów w zakresie od -33 do 27 %, w porównaniu z surowcem. Wartość odżywczą białka ograniczały aminokwasy siarkowe, tym samym obniżając jego jakość. Indeks EAA (aminokwasów egzogennych) nasion przygotowanych do spożycia zawierał się w przedziale 118 - 139. Najwyższą wartością indeksu EAA charakteryzowało się białko mrozonek otrzymanych metodą zmodyfikowaną i przygotowanych do spożycia, następnie: konserw sterylizowanych, mrozonki tradycyjnej i nasion ugotowanych bezpośrednio po zbiorze, a wśród odmian wyższą jakością białka charakteryzowały się nasiona odmiany 'Laponia'.

Słowa kluczowe: niedojrzałe nasiona fasoli, aminokwasy ograniczające, gotowanie, mrożenie, sterylizacja

Wprowadzenie

Nasiona roślin strączkowych są ważnym, pełnowartościowym składnikiem pożywienia, mogącym konkurować z mięsem. Do ich walorów należy duża zasobność

Dr inż. J. Słupski, dr hab. inż. A. Korus, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: rrsłupsk@cyf-kr.edu.pl

w białko. Są także bogatym źródłem witamin z grupy B oraz cennych substancji mineralnych [15, 32]. Spożywa się je zazwyczaj w stanie dojrzałości fizjologicznej. Ich konsumpcja jest jednak ograniczana głównie przez czasochłonność przygotowania potraw oraz możliwość wywoływania zaburzeń przewodu pokarmowego [27].

Nasiona roślin strączkowych przed spożyciem są zazwyczaj poddawane obróbce termicznej, która wpływa na podwyższenie jakości białka i powoduje inaktywację termolabilnych składników o działaniu przeciwożywczym [3]. Obróbka termiczna powoduje jednak znaczne zmiany w składzie wielu składników chemicznych, w zależności od zastosowanej temperatury i czasu obróbki, a także od gatunku czy nawet odmiany [2, 11, 17, 20, 30]. Nasiona niektórych gatunków: bobu, grochu, lędźwianu czy fasoli szparagowej spożywa się w stanie niepełnej dojrzałości [13, 20]. Do grupy strączkowych spożywanych w stanie niepełnej dojrzałości można również zaliczyć fasolę typu flageolet. Przy takim sposobie użytkowania nasiona fasoli zbiera się, gdy strąki są dobrze wypełnione nasionami, a te są w pełni wyrosnięte, ale jeszcze soczyste, zielone lub jasnozielone, z liścieniami rozchodzącymi się pod naciskiem palców.

Nasiona fasoli o niepełnej dojrzałości, oprócz przygotowania do konsumpcji bezpośrednio po zbiorze, są doskonałym surowcem do produkcji konserw apertyzowanych, mrożonek tradycyjnych, jak również mrożonek otrzymywanych według technologii zmodyfikowanej, co pozwala na uzyskanie produktów typu żywność wygodna. Mrożenie jest jedną z metod najlepiej zachowujących składniki odżywcze surowca, jednak warzywa mrożone sposobem tradycyjnym (blanszowane przed mrożeniem) wymagają przed spożyciem dodatkowego gotowania [13, 14, 19]. Czynność ta, przy tendencji do nabywania produktów wygodnych, może ograniczyć spożycie mrożonych warzyw. Konieczne jest podejmowanie prób modyfikacji stosowanych aktualnie technologii, aby uzyskać produkt pełnowartościowy, równocześnie łatwy w przygotowaniu do spożycia i o co najmniej porównywalnych cechach sensorycznych [18, 21, 30].

Celem pracy było określenie składu aminokwasowego i jakości białka w nasionach dwóch odmian fasoli, przeznaczonych do uprawy na suche nasiona, zbieranych w stadium dojrzałości charakteryzowanym zawartością suchej masy na poziomie 40 g/100 g świeżej masy. W badaniach uwzględniono nasiona oraz produkty przygotowane do spożycia, tj. nasiona po ugotowaniu, nasiona mrożone według dwóch technologii przygotowane do spożycia po zamrażalniczym przechowywaniu oraz konserwy utrwalone metodą sterylizacji.

Material i metody badań

Surowcem były nasiona dwóch odmian fasoli zwyczajnej: 'Igołomska' (Polan KHiNO) i 'Laponia' (PlantiCo Hino Zielonki), zebrane przed uzyskaniem całkowitej dojrzałości (stadium dojrzałości woskowej). Nasiona w odpowiednim stopniu dojrzałości do mrożenia i konserwowania, określonym w badaniach wstępnych, charakteryzo-

wały się zawartością suchej masy na poziomie około 40 g/100 g. Materiał badawczy obejmował nasiona świeże, ugotowane (produkt 1) oraz trzy produkty przygotowane do spożycia po 12 miesiącach przechowywania: mrożone tradycyjnie (produkt 2: blanszowany – zamrożony – zamrażalniczo składowany – ugotowany), mrożone sposobem zmodyfikowanym (produkt 3: ugotowany – zamrożony – zamrażalniczo składowany – rozmrożony i podgrzany w kuchni mikrofalowej) oraz konserwowane metodą sterylizacji w puszkach (produkt 4).

Fasolę uprawiano na polu doświadczalnym Katedry Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów UR w Krakowie, w której prowadzono badania technologiczne i analityczne. Bezpośrednio po zbiorze nasiona wyłuskano ze strąków i część poddawano ocenie zawartości składników chemicznych w surowcu. Pozostałą część przeznaczono do przerobu technologicznego.

Gotowanie fasoli do konsystencji konsumpcyjnej (produkt 1) wykonywano z zachowaniem proporcji masy surowca do masy solanki o stężeniu 1,6 % NaCl jak 1 : 1, aby w gotowym produkcie otrzymać stężenie soli na poziomie zbliżonym do 0,8 %.

Przerób na mrożonki w zależności od zastosowanej technologii, poprzedzono blanszowaniem surowca (produkt 2) lub gotowaniem (produkt 3), a przerób na konserwy sterylizowane poprzedzano blanszowaniem (produkt 4). Blanszowanie fasoli wykonywano w wodzie wodociągowej, z zachowaniem proporcji masy surowca do masy wody jak 1 : 5. Temperatura blanszowania wynosiła $96 \div 98$ °C, a czas ustalony doświadczalnie – 3 min 15 s.

Nasiona z prób blanszowanych (produkt 2) i prób ugotowanych (produkt 3) zamrażano w temp. -40 °C w komorze klimatycznej z wymuszonym owiewem powietrza Feutron 3625-51 (Greiz, Niemcy). Czas mrożenia do uzyskania temperatury składowania -20 °C wynosił 105 min. Otrzymaną mrożonkę pakowano w worki polietylenowe w porcje po 500 g i umieszczano w komorze przechowalniczej o temp. -20 ± 2 °C, w której pozostawały 12 miesięcy do czasu oceny.

Konserwowanie metodą sterylizacji (produkt 4) wykonywano w puszkach o pojemności 510 cm³. Jako zalewy używano solanki o stężeniu 2,4 % NaCl, co pozwoliło na uzyskanie zawartości chlorku sodu w produkcie jak w próbie 1. Wsad blanszowanych nasion do puszki wynosił 360 g, a solanki 180 g. Sterylizację nasion odmian ‘Igołomska’ i ‘Laponia’ prowadzono w doświadczalnym kotle ciśnieniowym (Gauge Co. N.Y., USA), w temp. 120 °C, odpowiednio w ciągu 14 i 13 min. Konserwy umieszczano w magazynie w temp. 8 ± 2 °C i przechowywano do czasu oceny przez 12 miesięcy.

Mrożonki (produkt 2) gotowano do konsystencji konsumpcyjnej w wodzie z 1,6-procentowym dodatkiem soli, przy zachowaniu proporcji masy nasion do masy wody jak 1 : 1 i poddawano ocenie. Produkt 3 rozmrażano i ogrzewano w kuchni mikrofalowej Panasonic NN-F-621 (Matsushita Electric UK) do uzyskania temperatury 75 °C (program do rozmrażania, 11 min), a następnie materiał poddawano ocenie.

Konserwy sterylizowane (produkt 4) po odcięciu frakcji płynnej poddawano procedurom analitycznym.

Oznaczano zawartość suchej masy oraz azotu ogólnego (metodą Kjeldahla) zgodnie z procedurami opisanymi w AOAC [1]. Zawartość aminokwasów (oprócz tryptofanu) oznaczano za pomocą analizatora AAA-400 aminokwasów (INGOS, Czechy). Procedura analityczna stosowana była zgodnie z zaleceniami producenta. Materiał liofilizowany poddawano hydrolizie w 6 M HCl przez 24 h w temp. 110 °C. Oznaczanie aminokwasów zawierających siarkę (metioniny i cysteiny) przeprowadzono po utlenieniu w mieszaninie kwasu mrówkowego i nadtlenu wodoru (9 : 1) w temp. 110 °C przez 24 h. Aminokwasy rozdzielano w kolumnie wypełnionej Ostion ANB INGOS ionex (Czechy) i oznaczano kolorymetrycznie po reakcji z ninhydriną [18, 21]. Obliczenia wykonywano przy zastosowaniu wzorca zewnętrznego. Wszystkie doświadczenia prowadzono w trzech niezależnych powtórzeniach doświadczalnych, wszystkie analizy chemiczne przeprowadzono w dwóch równoległych próbach.

Zawartość aminokwasów podano w 100 g świeżej masy produktów w celu porównania zawartości aminokwasów w nasionach fasoli, w zależności od zastosowanej obróbki kulinarnej i technologicznej. Jakość białka szacowano przez porównanie ze wzorcem FAO/WHO/UNU [7]. Na podstawie składu aminokwasowego obliczano wskaźnik aminokwasu ograniczającego CS (ChemicalScore) oraz indeks aminokwasów egzogennych (EAA) [24].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu pakietu Statistica 9.1 (StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA). Istotność różnic między wartościami średnimi szacowano za pomocą testu Duncana na poziomie istotności $p < 0,05$. Grupy jednorodne oznaczono literami: a, b, c, d, e, f, g.

Wyniki i dyskusja

Świeże nasiona fasoli dwóch odmian, uprawianych zazwyczaj z przeznaczeniem na suche nasiona, zebrane w stadium niepełnej dojrzałości, zawierały $1,47 \div 1,75$ g azotu ogółem oraz $7086 \div 7888$ mg aminokwasów w 100 g św.m. (tab. 1 i 2). Stosunek aminokwasów egzogennych do aminokwasów endogennych w nasionach odmian 'Laponia' i 'Igołomska' wynosił odpowiednio: 0,86 i 0,89 (tab. 1 i 2). Aminokwasami dominującymi były kwas glutaminowy i kwas asparaginowy, odpowiednio: 16 i 13 % całkowitej zawartości aminokwasów, a aminokwasami występującymi w najmniejszej ilości były metionina i cystyna. Zbliżone wartości uzyskał Słupski [30] w badaniach trzech odmianach fasoli szparagowej typu flageolet, uprawianych na nasiona o dojrzałości woskowej i zebranych w podobnym stopniu dojrzałości. W nasionach tych zawartość azotu ogółem i aminokwasów wynosiła $1,33 \div 1,47$ g i $7139 \div 8117$ mg w 100 g, podczas gdy stosunek sumy aminokwasów egzogennych do sumy aminokwasów endogennych był wyższy niż w niniejszych badaniach i wynosił $0,92 \div 0,93$. Także kwas

glutaminowy i kwas asparaginowy były aminokwasami dominującymi, a aminokwasem występującym w najmniejszych ilościach była metionina. Jak podają Kmiecik i wsp. [10, 11], nasiona lędzwanu siewnego zbierane w stadium niepełnej dojrzałości zawierały 1,81 g azotu ogółem w 100 g części jadalnych, a nasiona bobu $1,82 \div 1,93$ g. W badaniach własnych nasiona obu odmian fasoli nie różniły się zawartością poszczególnych aminokwasów z wyjątkiem waliny, argininy, kwasu asparaginowego i kwasu glutaminowego oraz sumy aminokwasów endogennych, których było istotnie więcej w nasionach odmiany 'Laponia'. Również nasiona różnych odmian fasoli typu flageolet, bobu i lędzwanu zebrane w stadium dojrzałości woskowej nie wykazywały różnicowania zawartości większości aminokwasów [12, 17, 30].

Ugotowanie świeżych nasion fasoli (produkt 1) powodowało niewielkie zmniejszenie zawartości aminokwasów i azotu ogółem w świeżej masie obu badanych odmian. Jedynie istotne było zmniejszenie zawartości tyrozyny w nasionach odmiany 'Igołomska'. Stwierdzono ponadto istotne zmniejszenie zawartości suchej masy w nasionach obu odmian, co wpłynęło na udział poszczególnych składników w ich ogólnej zawartości. Również w ugotowanych nasionach trzech odmian fasoli typu flageolet Słupski [30] wykazał zmniejszenie zawartości suchej masy i tyrozyny. Gotowanie innych gatunków warzyw także było przyczyną zmniejszenia zawartości tyrozyny [17, 21, 28, 29]. Mimo że wielu autorów wykazało ubytek tyrozyny, to jednak w żadnej pracy nie podjęto próby wyjaśnienia tego zjawiska.

W porównaniu z surowcem świeżym, blanszowanie, zamrożenie, zamrażalnicze składowanie i przygotowanie nasion do spożycia (produkt 2) spowodowało zmniejszenie zawartości wszystkich aminokwasów, azotu ogółem i suchej masy w produktach z nasion odmiany 'Igołomska', natomiast nie spowodowało istotnych zmian w przetworzonych nasionach odmiany 'Laponia' – poza ubytkiem zawartości suchej masy, który nie przekraczał jednak 6 %. Natomiast w przygotowanych do spożycia produktach próby 3. zawartość poszczególnych aminokwasów w nasionach odmiany 'Igołomska' nie zmieniła się istotnie, stwierdzono jedynie zmniejszenie zawartości argininy. W nasionach odmiany 'Laponia' zawartość tych związków była na ogół większa niż w surowcu, nie zmieniła się tylko zawartość aminokwasów siarkowych, tyrozyny, argininy i alaniny, jak również zawartość azotu ogółem. Oznaczono natomiast większą niż w surowcu zawartość suchej masy.

Utrwalenie nasion metodą sterylizacji (produkt 4) przyczyniło się do zmniejszenia zawartości większości aminokwasów, z wyjątkiem fenyloalaniny i kwasu asparaginowego w nasionach obu odmian oraz, dodatkowo, seryny i proliny w odmianie 'Laponia' – w porównaniu z wynikami surowca. Stwierdzono także mniejszą niż w surowcu zawartość azotu ogółem oraz suchej masy (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość aminokwasów egzogennych w świeżych, ugotowanych, mrożonych i przygotowanych do spożycia oraz sterylizowanych nasionach fasoli o niepełnej dojrzałości [mg/100 g części jadalnych].

Table 1. Content of essential amino acids in raw, cooked, frozen, and 'ready-to-eat' seeds of bean, as well as in sterilized immature seeds of bean [mg/100 g edible portion].

Etap oceny Assessment stage	Odmiana fasoli Bean cultivar	Aminokwas / Amino acid										Suma aminokwasów egzogennych Total content of essential amino acids	Azot ogółem Total N [g/100 g]	Sucha masa Dry matter [g/100 g]
		Ile	Leu	Lys	Cys	Met	Tyr	Phe	Thr	Val	His			
Nasiona świeże Raw seeds	Igo	382 ^{cd} ± 27	652 ^{cd} ± 49	555 ^{cde} ± 44	79 ^b ± 10	70 ^{bcd} ± 8	234 ^c ± 25	432 ^{bcd} ± 46	319 ^{abc} ± 29	447 ^b ± 29	156 ^{bc} ± 11	3326 ^{cde} ± 140	1,47 ^b ± 0,08	39,6 ^f ± 0,4
	Lap	406 ^d ± 38	731 ^{de} ± 51	567 ^{de} ± 45	77 ^b ± 8	81 ^d ± 7	244 ^c ± 16	497 ^{de} ± 43	325 ^{de} ± 21	548 ^e ± 22	166 ^{cd} ± 12	3642 ^{ef} ± 220	1,75 ^c ± 0,01	39,8 ^f ± 0,5
Nasiona ugotowane (produkt 1) Cooked seeds (product 1)	Igo	341 ^{bc} ± 23	609 ^{bc} ± 41	507 ^{cd} ± 37	65 ^{ab} ± 9	61 ^{ab} ± 5	194 ^{ab} ± 15	415 ^{bc} ± 43	291 ^{bcd} ± 26	449 ^b ± 21	138 ^{ab} ± 9	3070 ^{bc} ± 205	1,46 ^b ± 0,01	32,7 ^b ± 0,2
	Lap	390 ^{cd} ± 36	692 ^{cd} ± 61	554 ^{cde} ± 40	76 ^b ± 6	79 ^{cd} ± 6	221 ^{bc} ± 12	474 ^{cde} ± 35	306 ^{cd} ± 16	513 ^c ± 23	169 ^{cd} ± 13	3474 ^{def} ± 129	1,70 ^c ± 0,01	34,4 ^c ± 0,2
Produkt przygotowany po 12 miesiącach składowania Ready-to-eat product after 12 month storage	blanszowane przed mrożeniem (produkt 2) blanched before freezing (product 2)	Igo	267 ^a ± 19	510 ^a ± 39	403 ^a ± 36	58 ^a ± 5	65 ^{ab} ± 7	179 ^a ± 3	343 ^a ± 25	241 ^a ± 17	367 ^a ± 21	120 ^a ± 7	2553 ^a ± 147	35,0 ^c ± 0,5
		Lap	417 ^{de} ± 39	782 ^{ef} ± 65	618 ^c ± 44	67 ^{ab} ± 6	80 ^{cd} ± 7	233 ^c ± 14	527 ^c ± 41	352 ^{ef} ± 19	531 ^c ± 32	182 ^d ± 13	3789 ^f ± 266	37,5 ^c ± 0,3
	ugotowane przed mrożeniem (produkt 3) boiled before freezing (treatment 3)	Igo	368 ^{cd} ± 29	632 ^{bc} ± 40	527 ^{cd} ± 49	76 ^b ± 9	72 ^{bcd} ± 6	225 ^c ± 17	444 ^{bcd} ± 42	304 ^{cd} ± 21	457 ^b ± 23	163 ^{cd} ± 11	3268 ^{cd} ± 123	41,3 ^g ± 0,4
		Lap	462 ^e ± 40	860 ^f ± 51	702 ^f ± 45	76 ^b ± 8	73 ^{bcd} ± 6	299 ^c ± 15	611 ^f ± 42	384 ^f ± 22	596 ^d ± 33	216 ^c ± 14	4279 ^g ± 212	1,73 ^c ± 0,09
sterylizowane (produkt 4)/ Sterilized (product 4)	Igo	305 ^{ab} ± 23	560 ^{ab} ± 37	432 ^{ab} ± 39	54 ^a ± 7	56 ^a ± 10	194 ^{ab} ± 15	385 ^{ab} ± 33	256 ^{ab} ± 18	400 ^a ± 20	127 ^a ± 9	2769 ^{ab} ± 118	1,28 ^a ± 0,04	36,3 ^d ± 0,3
	Lap	347 ^{bc} ± 30	627 ^{bc} ± 36	485 ^{bc} ± 33	60 ^a ± 6	66 ^{abc} ± 6	188 ^a ± 9	441 ^{bcd} ± 40	285 ^{bc} ± 17	452 ^b ± 23	125 ^d ± 8	3076 ^{bc} ± 16	1,36 ^a ± 0,05	30,8 ^a ± 0,3

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Igo – 'Igołomska' / 'Igołomska'; Lap – 'Laponia' / 'Laponia'; przedstawione wyniki są wartościami średnimi z trzech pomiarów (± odchylenie standardowe) / presented results represent mean values of three measurements (± standard deviation); wartości średnie w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie p < 0,05 / mean values in the same column and denoted by different letters differ statistically significantly at p < 0,05.

Tabela 2. Zawartość aminokwasów endogennych w świeżych, ugotowanych, mrożonych i przygotowanych do spożycia oraz sterylizowanych nasionach fasoli o niepełnej dojrzałości [mg/100 g części jadalnych].

Table 2. Content of nonessential amino acids in raw, cooked, frozen and prepared as ready-to-eat, and in sterilized immature seeds of bean [mg/100 g of edible portion].

Etap oceny Assessment stage	Odmiana fasoli Bean cultivar	Aminokwas / Amino acid							Suma aminokwasów endogennych non-essential amino acids	
		Arg	Asp	Glu	Ser	Pro	Gly	Ala		
Nasiona świeże Raw seeds	Igo	404 ^c ± 37	911 ^{bc} ± 78	1149 ^{cd} ± 86	465 ^c ± 38	244 ^{cde} ± 25	297 ^{cdef} ± 21	289 ^{cde} ± 27	3759 ^{bc} ± 303	
	Lap	543 ^{de} ± 39	1037 ^{def} ± 61	1283 ^e ± 62	469 ^c ± 36	283 ^e ± 25	320 ^{ef} ± 18	309 ^{def} ± 19	4244 ^d ± 255	
Nasiona ugotowane (produkt 1)/ Cooked seeds (product 1)	Igo	395 ^{bc} ± 19	918 ^{abcd} ± 58	1047 ^{bc} ± 70	406 ^{bc} ± 32	239 ^{bcd} ± 18	278 ^{cd} ± 19	272 ^{bc} ± 22	3555 ^b ± 220	
	Lap	499 ^d ± 30	1056 ^{ef} ± 78	1231 ^{de} ± 64	430 ^{bc} ± 32	269 ^{de} ± 20	302 ^{def} ± 16	290 ^{cde} ± 16	4077 ^{cd} ± 244	
Produkt przygotowany do spożycia po 12 miesiącach składowania Ready-to-eat product After 12 month storage	blanszowane przed mrożeniem (produkt 2) blanched before freezing (product 2)	Igo	269 ^a ± 17	730 ^a ± 43	875 ^a ± 61	332 ^a ± 28	186 ^a ± 19	230 ^a ± 16	229 ^a ± 17	2851 ^a ± 196
		Lap	546 ^{de} ± 36	1145 ^f ± 78	1298 ^e ± 73	537 ^d ± 36	326 ^f ± 23	330 ^g ± 19	318 ^{ef} ± 16	4500 ^d ± 270
	ugotowane przed mrożeniem (produkt 3) cooked before freezing (product 3)	Igo	352 ^b ± 18	933 ^{cde} ± 56	1075 ^{bc} ± 73	405 ^{bc} ± 40	215 ^{abc} ± 21	289 ^{cde} ± 22	275 ^{bcd} ± 18	3544 ^b ± 243
		Lap	573 ^c ± 39	1277 ^g ± 88	1491 ^f ± 73	593 ^d ± 40	355 ^f ± 27	356 ^g ± 19	335 ^f ± 22	4980 ^c ± 287
sterylizowane (produkt 4)/ sterilized (product 4)	Igo	294 ^a ± 13	808 ^{ab} ± 53	961 ^{ab} ± 62	372 ^{ab} ± 33	200 ^{ab} ± 19	240 ^{ab} ± 16	231 ^a ± 17	3106 ^a ± 210	
	Lap	424 ^c ± 24	941 ^{cde} ± 66	1033 ^{bc} ± 46	410 ^{bc} ± 28	260 ^{de} ± 19	265 ^{bc} ± 15	250 ^{ab} ± 14	3583 ^b ± 211	

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Na zróżnicowanie zawartości aminokwasów w 100 g części jadalnych produktów gotowych wpływ mogło mieć zastosowanie różnych zabiegów kulinarnych i technologicznych z użyciem wody. Świeże nasiona fasoli poddano jednokrotnie obróbce z udziałem wody, z kolei nasiona z próby 2. były blanszowane w wodzie, a po zamrażalniczym składowaniu gotowane w solance, natomiast nasiona z próby 3. były tylko jeden raz poddane obróbce termicznej z użyciem wody, a następnie przygotowane do spożycia przez podgrzanie w kuchni mikrofalowej. Z kolei nasiona sterylizowane były blanszowane, ale także poddane obróbce termicznej z udziałem wody w znacznie wyższej temperaturze i przez dłuższy czas niż w pozostałych próbach. Podczas wymienionych zabiegów nasiona wchłaniają wodę, następuje pęcznienie skrobi, lecz równocześnie wymywane są składniki rozpuszczalne do medium. Diasolua-Ngudi i wsp. [4] oraz Murcia i wsp. [23] wykazali jeszcze większe ubytki aminokwasów, gdy zastosowano dłuższy czas obróbki z użyciem większej ilości wody. Można to wyjaśnić tym, że produkty żywnościowe oprócz aminokwasów wbudowanych w białka zawierają także wolne aminokwasy rozpuszczalne w wodzie, które mogą być wyługowane w czasie obróbki termicznej. Wymycie składników rozpuszczalnych prowadzi do względnego wzrostu udziału składników nieulegających rozpuszczeniu w wodzie [10]. Ponadto w trakcie zabiegów termicznych surowiec może się kurczyć, uwalniając wodę i pomimo faktycznego zmniejszenia zawartości składników, ubytek wody może powodować pozorny wzrost ich zawartości. Wielkości tych zmian mogą zależeć od zwięzłości i gęstości tkanki poddanej obróbce [33]. Jest to potwierdzeniem badań Korus i wsp. [13], Kmiećka i wsp. [11] oraz Ruitera i wsp. [25], gdyż wymycie aminokwasów do wody było większe w mniej dojrzałych nasionach roślin strączkowych niż w bardziej dojrzałych, które mają twardszą i bardziej zwartą tkankę okrywy nasiennej. Ponadto w próbie 3. działanie mikrofal powodowało odparowanie części wody. Może to wyjaśniać, dlaczego nasiona z prób 2. i 4. zawierały znacznie mniej suchej masy, a nasiona z próby 3. – więcej w porównaniu z surowcem, a w konsekwencji odpowiednio więcej aminokwasów i azotu ogółem.

Podczas przetwarzania żywności mogą zachodzić reakcje chemiczne pomiędzy bocznymi łańcuchami niektórych aminokwasów lub z innymi cząsteczkami obecnymi w żywności, co może prowadzić do zmian w składzie aminokwasów [6, 9, 34]. Zmiany chemiczne aminokwasów, jakie zachodzą w trakcie zabiegów hydrotermicznych to np. dekarboksylacja, deaminacja i izomeryzacja L-aminokwasów do formy D. Aminokwasy mogą również reagować z cukrami w reakcjach Maillarda oraz z polifenolami, jak i z produktami degradacji lipidów – w reakcjach Steckera [2, 8, 16, 26]. Przemiany te powodują obniżenie poziomu aminokwasów i obniżenie jakości białka [22]. Różnorodność tych procesów powoduje, że trudno jest określić przyczynę zmian zawartości poszczególnych aminokwasów w czasie przetwarzania żywności i przygotowania jej do spożycia. Dlatego ważna jest ocena wpływu różnorodnych operacji technologicznych na te cenne, z żywieniowego punktu widzenia, związki w zależności od konkretnego surowca.

Tabela 3. Wskaźniki aminokwasów w świeżych i przetworzonych nasionach fasoli, w porównaniu ze wzorcem FAO/WHO/UNU [16].
 Table 3. Indices of amino acids in raw and processed bean seeds compared to standard reference under FAO/WHO/UNU [16].

Etap oceny Assessment stage	Odmiana fasoli Bean cultivar	Wskaźnik / Index									
		CS – Wskaźnik aminokwasu ograniczającego Chemical Score Index									
		Aminokwas / Amino acid									
		Ile	Leu	Lys	SAA	Tyr+Phe	Thr	Val	His	EAA	
Nasiona świeże Raw seeds	Igo	139	120	134	73	242	151	125	113	131	
	Lap	124	113	115	65	226	129	128	104	119	
Nasiona ugotowane (produkt 1)/ Cooked seeds (product 1)	Igo	125	113	123	63	222	138	126	101	120	
	Lap	122	110	116	66	218	125	124	106	118	
Produkt przygotowany do spożycia po 12 miesiącach składowania Ready-to-eat product after 12 month storage	blanszowane przed mrożeniem (produkt 2) blanched before freezing (product 2)	Igo	111	108	112	70	218	131	118	100	115
		Lap	134	128	132	64	244	148	131	117	130
	ugotowane przed mrożeniem (produkt 3) cooked before freezing (product 3)	Igo	143	125	137	79	260	154	137	127	138
		Lap	142	135	144	64	280	154	141	132	139
sterylizowane (produkt 4)/ sterilized (product 4)	Igo	127	119	120	62	241	139	128	106	123	
	Lap	136	125	127	67	247	146	136	98	127	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

EAA – zintegrowany wskaźnik aminokwasów egzogennych / integrated index of essential amino acids; SAA – suma aminokwasów siarkowych / sulphur amino acids in total;

Igo – odmiana 'Igołomska' / 'Igołomska cultivar; Lap – odmiana 'Laponia' / 'Laponia' cultivar.

Białko świeżych, jak również przygotowanych do spożycia nasion fasoli o niepełnej dojrzałości charakteryzowało się wysoką jakością wyrażoną wartością wskaźnika CS i EAA (tab. 3). Aminokwasami ograniczającymi, w porównaniu ze wzorcem FAO/WHO/UNU [7], były aminokwasy siarkowe (wskaźnik CS 62 - 79). W przypadku nasion fasoli typu flageolet, zbieranych w stopniu dojrzałości woskowej [30, 31], jak i w przypadku innych gatunków strączkowych, aminokwasami ograniczającymi pierwszego rzędu były aminokwasy siarkowe [5, 17, 18, 21]. Podobnie jak w przedstawionych badaniach, wartość indeksu EAA pozwoliła stwierdzić, że spośród przygotowanych do spożycia produktów, te z nasion odmiany 'Laponia' charakteryzowały się wyższą jakością białka niż z odmiany 'Igołomska'. Ponadto, najwyższą jakością charakteryzowało się białko nasion przygotowanych do spożycia według zmodyfikowanej metody (produkt 3), wyraźnie niższą – konserw sterylizowanych (produkt 4) i mrożonki tradycyjnej (produkt 2), a najniższą – nasion ugotowanych bezpośrednio po zbiorze (produkt 1). Uzyskane w pracy wartości indeksu EAA produktów gotowych były na ogół nieznacznie niższe (115 ÷ 139) niż wartości obliczone dla produktów z trzech odmian fasoli typu flageolet [30, 31].

Wnioski

1. W wyniku przeprowadzonych zabiegów technologicznych i przygotowania do spożycia produktów z nasion fasoli o niepełnej dojrzałości fizjologicznej zawartość poszczególnych aminokwasów, w porównaniu z ich ilością w surowcu, ulegała zmniejszeniu lub przyrostowi – od -33 do 27 %.
2. Aminokwasami ograniczającymi jakość białka, w porównaniu ze wzorcem (FAO/WHO/UNU, 2007), były aminokwasy siarkowe. Indeks EAA nasion przygotowanych do spożycia zawierał się w przedziale 118 ÷ 139. Wyższą wartością indeksu EAA charakteryzowało się białko przygotowanych do spożycia mrożonek otrzymanych technologią zmodyfikowaną (produkt 3), następnie – konserw sterylizowanych (produkt 4), mrożonki tradycyjnej (produkt 2) i nasion ugotowanych bezpośrednio po zbiorze (produkt 1), a wśród odmian wyższą jakością białka charakteryzowały się produkty z nasion odmiany 'Laponia'.

Literatura

- [1] AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Association of Official Analytical Chemists (15th ed.), Washington, DC, 1990.
- [2] Candela M., Astiasaran I., Bello J.: Cooking and warm-holding, effect on general composition and amino acids of Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*), Chickpeas (*Cicer arietinum*), and Lentils (*Lens culinaris*). J. Agric. Food Chem., 1997, **45**, 4763-4767.
- [3] Chau Ch.F., Cheung, P.C.K., Wong, Y.S.: Effects of cooking on content of amino acids and antinutrients in three Chinese indigenous legume seeds. J. Sci. Food Agric., 1997, **75**, 447-452.

- [4] Diasoula Ngudi D., Kuo Y.H., Lambein F.: Amino acid profiles and protein quality of cooked cassava leaves or "saka-saka". J. Sci. Food Agric., 2003, **83**, 529-534.
- [5] Eppendorfer W.H., Bille S.W.: Free and total amino acid composition of edible parts of beans, kale, spinach, cauliflower and potatoes as influenced by nitrogen fertilization and phosphorus and potassium deficiency. J. Sci. Food Agric., 1996, **71**, 449-458.
- [6] Espe M., Lied E.: Fish silage prepared from different cooked and uncooked raw materials, chemical changes during storage at different temperatures. J. Sci. Food Agric., 1999, **79**, 327-332.
- [7] FAO/WHO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition, report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO technical report series, 935. [online]. Dostęp w Internecie: [5.07.2012], whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf, 2007.
- [8] Finot P.A.: The absorption and metabolism of modified amino acids in processed foods. J. AOAC Int., 2005, **88**, 894-903.
- [9] Gerrard J.A.: Protein-protein cross linking in food. Methods, consequences, applications. Trends Food Sci. Technol., 2002, **13**, 391-399.
- [10] Kmiecik W., Korus A., Lisiewska Z.: Evaluation of physico-chemical and sensory quality of frozen green grass pea (*Lathyrus sativus* L.). Int. J. Food Sci. Technol., 2004, **39**, 149-155.
- [11] Kmiecik W., Lisiewska Z., Gębczyński P.: Content of amino acids in fresh and frozen and cooked broad bean seeds (*Vicia faba var major*) depending on cultivar and degree of maturity. J. Sci. Food Agric., 1999, **79**, 555-560.
- [12] Kmiecik W., Lisiewska Z., Jaworska G.: Amino acids content in fresh and preserved broad beans (*Vicia faba major*). Pol. J. Food Nutr. Sci., 1994, **3/44**, 35-43.
- [13] Korus A., Lisiewska Z., Kmiecik W.: Content of amino acids in fresh and preserved physiologically immature grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds. Eur. Food Res. Technol., 2003, **217**, 148-153.
- [14] Korus A., Lisiewska Z., Kmiecik W.: Effect of freezing and canning on the content of selected vitamins and pigments in seeds of two grass pea (*Lathyrus sativus* L.) cultivars at the not fully mature stage. Nahrung-Food, 2002, **46**, 233-237.
- [15] Korus J., Gumul D., Gibiński M.: Wpływ ekstruzji na zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą nasion fasoli wyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **2 (47)**, 102-111.
- [16] Li J., Liu Y., Shi J., Wang Z., Hu L., Yang X., Wang C.: The investigation of thermal decomposition pathways of phenylalanine and tyrosine by TG-FTIR. Thermochemica Acta, 2008, **467**, 20-29.
- [17] Lisiewska Z., Kmiecik W., Korus A.: Content of nitrogen compounds in raw and preserved seeds of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). Eur. Food Res. Technol., 2001, **213**, 343-348.
- [18] Lisiewska Z., Kmiecik W., Słupski J.: Content of amino acids in raw and frozen broad beans (*Vicia faba var. major*) seeds at milk maturity stage, depending on the processing method. Food Chem., 2007, **195**, 1468-1473.
- [19] Lisiewska Z., Korus A., Kmiecik W.: Changes in the level of vitamin C, beta-carotene, thiamine, and riboflavin during preservation of immature grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds. Eur. Food Res. Technol., 2002, **215**, 216-220.
- [20] Lisiewska Z., Słupski J., Kmiecik W., Gębczyński P.: Availability of essential and trace elements in frozen leguminous vegetables prepared for consumption according to the method of pre-freezing processing. Food Chem., 2008, **106**, 576-582.
- [21] Lisiewska Z., Słupski J., Kmiecik W., Gębczyński P.: Effect of pre-freezing and culinary treatment on the content of amino acids of green pea. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2008, **7 (4)**, 5-14.
- [22] Meade S.J., Reid E.A., Gerrard J.A.: The impact of processing on the nutritional quality of food proteins. J. AOAC Int., 2005, **88**, 904-922.
- [23] Murcia A.M., Lopez-Ayerra B., Martinez-Tome M., Garcia-Carmona F.: Effect of industrial processing on amino acid content of broccoli. J. Sci. Food Agric., 2001, **81**, 1299-1305.

- [24] Oser B.L.: Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Amer. Diet. Assoc.*, 1951, **27**, 396-399.
- [25] Ruiter H., De Schuurmans J., Kollöffel C.: Amino acid leakage from cotyledons of developing and germinating pea seeds. *J. Plant Physiol.*, 1984, **116**, 47-57.
- [26] Sato N., Quitain A.T., Kang K., Daimon H., Fujie K.: Reaction kinetics of amino acid decomposition in high-temperature and high-pressure water. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2004, **43**, 3217-3222.
- [27] Schneider A.V.O.: Overview of the market and consumption of pulses in Europe. *Br. J. Nutr.*, 2002, **3 (88) Suppl.**, S243-S250.
- [28] Słupski J., Korus A., Lisiewska Z., Kmiecik W.: Content of amino acids and the quality of protein in as-eaten green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) products. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2010, **45**, 733-739.
- [29] Słupski J., Lisiewska Z., Kmiecik W., Gębczyński P., Sobczyńska L.: The effect of processing on the amino acid content in green cauliflower. *Agric. Food Sci.*, 2010, **19**, 136-143.
- [30] Słupski J.: Effect of cooking and sterilisation on the composition of amino acids in immature seeds of flageolet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Food Chem.*, 2010, **121**, 1171-1176.
- [31] Słupski J.: Evaluation of the amino acid content and sensory value of flageolet bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by pre-processing methods before freezing. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2010, **45**, 1068-1075.
- [32] USDA. Composition of foods raw, processed, prepared. USDA National Nutrient Database for Standard References Release **22**. [online] Dostęp w Internecie: [29.04.2012.], <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.
- [33] Wu W., Williams W.P., Kunkel M.E., Acton J.C., Huang Y., Wardlaw F.B., Grimes L.W.: Amino acid availability and availability corrected amino acid score of Red Kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 1296-1301.
- [34] Zamora R., Gallardo E., Hidalgo F.J.: Model studies on the degradation of phenylalanine initiated by lipid hydroxylperoxides and their secondary and tertiary oxidation products. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, **56**, 7970-7975.

**EFFECT OF FREEZING AND STERILIZATION ON CONTENT OF AMINO ACIDS
AND QUALITY OF PROTEIN OF IMMATURE SEEDS OF COMMON BEAN
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.)**

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the content of amino acids in seeds of two cultivars ('Igołomska' and 'Laponia') of common bean harvested at the wax stage of maturity and the impact of canning method on the content of those components. Analyzed were: raw seeds, cooked seeds, products frozen using a traditional method, and products of a convenience foods type (frozen using a modified method and sterilized). The traditional freezing method consisted in: blanching, freezing, frozen storage, and cooking; the modified method in: cooking, freezing, frozen storage, defrosting, and heating in a microwave oven. The raw seeds of bean harvested at the wax stage of maturity and with a content of dry matter of about 40 g/100 g contained 7085-7886 mg of amino acids per 100 g of edible portion. A technological treatment and the process of preparing the products to be ready-to-eat caused the contents of individual amino acids to change within a range between -33% and +27% compared to the raw material. The nutritional value of protein was limited by sulphur containing amino acids, thus, its quality was reduced. In the ready-to-eat products, the EAA index (of essential amino acids) ranged between 118 and 139. The

protein in the frozen products obtained using the modified method and prepared as ready-to-eat foods was characterized by the highest value of EAA index, the next were: the protein in the sterilized canned products, the protein in the traditionally frozen products, and the protein in the seeds cooked immediately after harvest. Of the cultivars analyzed, the seeds of Laponia cultivar were characterized by the best quality of protein.

Key words: immature seeds of bean, limiting amino acids, cooking, freezing, sterilization ☒

JOLANTA GAWAŁEK, PRZEMYSŁAW BARTCZAK

WPLYW WARUNKÓW SUSZENIA ROZPYŁOWEGO SOKU BURAKA ĆWIKŁOWEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI OTRZYMYWANEGO PROSZKU

Streszczenie

W pracy przeanalizowano proces suszenia rozpyłowego koncentratu soku buraka ćwikłowego na nośnikach maltodekstrynowych. Badania wykonano na stanowisku doświadczalnym, którego zasadniczym elementem była suszarka rozpyłowa Niro Atomizer FU 11 DA z rozpryskiem cieczy dokonywanym za pomocą wirującego dysku rozpyłowego. Przebadano wpływ wybranych parametrów procesowych, takich jak: udział nośnika w suchej masie produktu, stopień scukrzenia (DE) maltodekstryny zastosowanej jako nośnik, temperatura powietrza wlotowego do suszarki i prędkość obrotowa dysku rozpylającego na właściwości proszku z soku buraka. Analizowano rozmiar uzyskiwanych cząstek proszku, gęstość nasypową, sypkosć, rozpuszczalność w wodzie oraz zawartość barwników czerwonych. Stosowanie nośników o niskim DE umożliwiło uzyskanie dobrej sypkości i wysokiego stopnia retencji barwników czerwonych w proszkach. Wzrost zawartości nośnika powodował mniejsze straty barwników czerwonych w trakcie suszenia i lepszą sypkosć proszków. Stosowanie wyższych temperatur wlotowych powietrza z jednej strony decydowało o zwiększeniu rozmiaru cząstek i poprawie sypkości proszków, z drugiej zaś wpływało na obniżenie stopnia retencji barwników czerwonych. Z kolei zmniejszanie częstości obrotów dysku rozpyłowego przyczyniało się do zwiększania cząstek proszków i poprawę sypkości, ale nie wpływało w sposób znaczący na stopień retencji barwników czerwonych.

Słowa kluczowe: proszek z soku buraka ćwikłowego, maltodekstryny, suszenie rozpyłowe, skład granulometryczny, gęstość, rozpuszczalność, barwniki betalainowe

Wprowadzenie

Suszony sok z buraka ćwikłowego należy do tzw. produktów wygodnych, do szybkiego stosowania, a równocześnie zalicza się go do żywności funkcjonalnej. Wy-

Dr inż. J. Gawalek, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, mgr inż. P. Bartczak, Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydz. Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, pl. M. Skłodowskiej-Curie 2, 60-965 Poznań. Kontakt: jolgaw@up.poznan.pl

stępuje jako główny składnik czerwonych barszczy błyskawicznych, ale coraz częściej stosowany jest jako naturalny barwnik wielu produktów spożywczych. Silne właściwości barwiące zawdzięcza barwnikom betalainowym znajdującym się w buraku ćwikłowym. W skład tych barwników wchodzi betacyjaniny o barwie fioletowo-czerwonej i betaksantyny o barwie żółtej [6, 9]. Barwniki te wykazują właściwości przeciwutleniające [6, 8], stąd ich spożywanie w konsekwencji obniża ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe oraz sercowo-naczyniowe [1, 6].

W związku z różnorodnym zastosowaniem i wymogami technologicznymi [2, 5] obserwuje się wzrost zapotrzebowania na suszony sok z buraka ćwikłowego o określonej jakości.

Celem pracy było określenie wpływu warunków suszenia rozpyłowego koncentratu soku z buraka ćwikłowego na wybrane właściwości fizykochemiczne oraz zawartość betalainowych barwników czerwonych, które są wrażliwe na działanie wysokiej temperatury.

Material i metody badań

Do badań użyto koncentratu buraka ćwikłowego wyprodukowanego przez firmę SVZ International B.V. (Holandia) o zawartości ekstraktu 64 Brix i zawartości czerwonych barwników betalainowych – 0,49 %. Ze względu na niską temperaturę przemiany szklistej T_g suchej substancji soku buraka, co w trakcie suszenia rozpyłowego prowadziło do oklejania się suszarki i przypalania proszku, w procesie suszenia zastosowano wysokocząsteczkowe nośniki podwyższające T_g , co w konsekwencji umożliwiło wyeliminowanie powyższych zjawisk i uzyskanie proszku o pożądanej jakości. Wyboru nośnika dokonano na podstawie analizy danych literaturowych [7, 16]. Zastosowano maltodekstryny firmy Roquette Freres (Francja) o różnym stopniu scukrzenia (DE): 8, 11, 14, 19, 22. Roztwór surówki do suszenia przygotowywano w mieszalniku z mieszadłem turbinowym wytwarzającym w osi mieszalnika cyrkulację cieczy w górę [13]. Przygotowywano roztwory o różnych proporcjach koncentratu soku buraka do maltodekstryny, tak aby uzyskać udział suchej masy koncentratu soku w gotowym proszku na poziomie [%]: 30, 35, 40, 45 i 50. Wszystkie roztwory do suszenia rozcieńczano wodą do uzyskania 33 % zawartości suchej masy w roztworze.

Procesy suszenia przeprowadzono w suszarce rozpyłowej Niro Atomizer, typ FU 11 DA, o średnicy 1,2 m, wysokości części walcowej – 0,9 m i wysokości dna stożkowego – 0,95 m. Rozprysk cieczy dokonywany był za pomocą wirującego dysku rozpyłowego. Proces suszenia prowadzono przy zmiennych parametrach temperatury wlotowej powietrza w zakresie 160 ÷ 180 °C oraz zmiennej częstości obrotów dysku rozpyłowego w zakresie 11000 ÷ 19000 obr./min. Temperaturę wylotową powietrza we wszystkich eksperymentach utrzymywano na poziomie 88 ÷ 90 °C, regulując natężenie przepływu surówki do suszarki w zakresie 10 ÷ 15 l/min. W każdym ekspery-

mencie analizowano wpływ jednego z rozważanych parametrów przy utrzymaniu stałych wartości pozostałych, które w poszczególnych przypadkach były przyjmowane na poziomie: temp. powietrza wlotowego – 170 °C, częstość obrotów dysku rozpyłowego – 13000 obr./min, stopień scukrzenia maltodekstryny (DE) – 8, udział maltodekstryny – 70 % s.m.

Wszystkie eksperymentalne procesy suszenia, przy uwzględnieniu poszczególnych parametrów, wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Analiza właściwości fizykochemicznych proszków uzyskanych z odtworzonego soku buraka ćwikłowego obejmowała parametry:

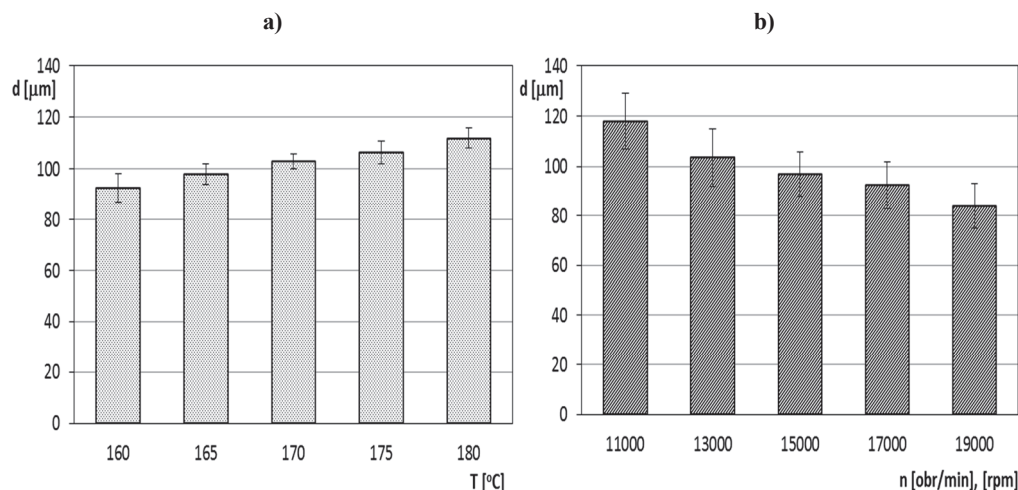
- skład granulometryczny – oznaczano metodą analizy sitowej za pomocą sita o rozmiarach: 45, 63, 125, 250, 400 [μm], średni rozmiar cząstek obliczano metodą średniej ważonej [14];
- gęstość nasypową swobodną (luźną), gęstość nasypową ubitą (utręśioną), współczynnik Hausnera – oznaczano zgodnie z normą PN-ISO-8460:1999 [10];
- kąt usypu – oznaczano zgodnie z normą PN-Z-04002-07:1974 [11];
- zawartość wody – oznaczano metodą suszarkową w temp. 105 °C;
- rozpuszczalność – oznaczano jako czas całkowitego rozpuszczenia 10 g proszku w 100 ml wody destylowanej o temp. 50 °C przy powtarzalnych warunkach mieszania mechanicznego;
- zawartość czerwonych barwników betalainowych – oznaczano metodą Nillsona [9] przy użyciu spektrofotometru Shimadzu UV-2401 PC.

Wszystkie oznaczenia fizykochemiczne wykonywano minimum w trzech powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja

Rozmiary cząstek suszonego soku buraka, uzyskiwanych w procesie suszenia rozpyłowego, są parametrem warunkującym wiele ważnych właściwości fizycznych. Na rys. 1. przedstawiono wpływ bezpośrednich warunków suszenia rozpyłowego na średni rozmiar cząstek.

Ze wzrostem temperatury powietrza wlotowego wzrastał rozmiar uzyskiwanych cząstek, natomiast ze wzrostem częstości obrotów dysku rozpyłowego rozmiar cząstek malał. Uzyskana tendencja zmian w przypadku temperatury związana była z gwałtowniejszym odparowywaniem wody z rozpylonej kropli roztworu przy wyższej temperaturze wlotowej, co w konsekwencji prowadziło do uzyskania większej cząstki, natomiast w przypadku wzrostu częstości obrotów dysku rozpyłowego uzyskiwano mniejsze krople roztworu, co z kolei prowadziło do uzyskania mniejszych cząstek proszku.



Rys. 1. Wpływ temperatury wlotowej powietrza T (dla $n = 13000$ obr/min) – (a) i częstości obrotów dysku rozpyłowego n (dla $T = 170^{\circ}\text{C}$) – (b) na średni rozmiar uzyskiwanych cząstek proszku d w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wylotowego: 88 - 90 °C, natężenie przepływu surówki do suszarki: 10 - 15 l/min, DE maltodekstryny: 8, udział maltodekstryny: 70 % s.m.).

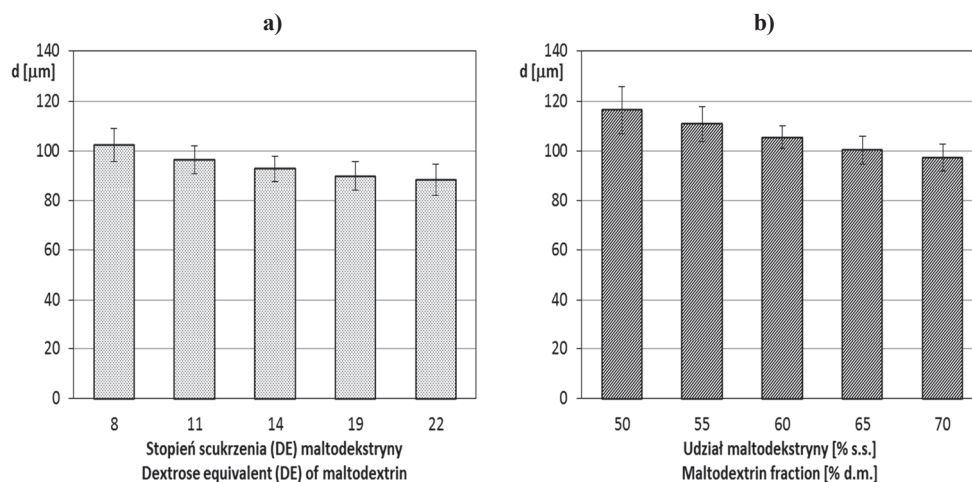
Fig. 1. Effect of T air inlet temperature (for $n = 13000$ rpm) – (a) and of n rotational speed of rotary atomizer (for $T = 170^{\circ}\text{C}$) – (b) on d mean size of powder particles produced during spray drying process of red beet juice (outlet air temperature: 88 - 90 °C; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min; DE of maltodextrins: 8, mass fraction of maltodextrin: 70 % d.m.).

Do suszenia soku odtworzonego z koncentratu buraka zastosowano nośniki maltodekstrynowe, stąd analizie poddano wpływ stopnia scukrzenia maltodekstryny (DE) i jej udziału na wielkość uzyskiwanych cząstek proszku (rys. 2).

Zarówno zastosowanie maltodekstryny o wyższym DE, jak i zwiększanie udziału nośnika maltodekstrynowego w procesie suszenia rozpyłowego powodowały uzyskiwanie mniejszych cząstek proszku.

Jedną z najważniejszych właściwości proszków jest sypkość, która warunkuje zachowanie proszku w procesach transportu, mieszania i dozowania. W tab. 1. zestawiono gęstości usypowe swobodne i utrząszone oraz obliczone na ich podstawie współczynniki Hausnera, będące miarą sypkości [3, 15]. Analiza odchyłek standardowych uzyskanych wyników gęstości wykazała maksymalne wartości na poziomie $\sigma_{\max} = 4 \text{ kg/m}^3$. Gęstość nasypowa proszków zależy m.in. od wielkości cząstek oraz zawartości wody [4], stąd w analizie tego parametru wyeliminowano wpływ jednej zmiennej: zawartości wody. Tak sterowano procesem suszenia rozpyłowego (natężeniem przepływu surówki w korelacji z temperaturą powietrza wylotowego), aby uzyskać porównywalną zawartość wody we wszystkich suszonych sokach z buraka – uzyskano zróżnicowanie w zakresie od $0,98 \pm 0,04$ % do $1,25 \pm 0,04$ % zawartości wody. Wzrost

temperatury powietrza wlotowego do suszarki powodował zmniejszenie gęstości usypowej zarówno swobodnej, jak i utrząsionej, co korelowało z otrzymaną zależnością wpływu tego parametru na uzyskiwane rozmiary cząstek, tzn. że w przypadku większych cząstek obserwowano mniejszą gęstość usypową. Podobną zgodność obserwowano również w przypadku częstości obrotów dysku rozpyłowego. W tym przypadku zależność była odwrotnie proporcjonalna, tzn. ze wzrostem obrotów rozmiary uzyskiwanych cząstek malały, a gęstość usypowa wzrastała.



Rys. 2. Wpływ stopnia scukrzenia DE (dla udziału maltodekstryny: 70 % s.m.) – (a) i udziału zastosowanej maltodekstryny jako nośnika (dla DE maltodekstryny: 8) – (b) na średni rozmiar cząstek proszku d w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wlotowego: 170 °C, temp. powietrza wylotowego: 88 - 90 °C, częstości obrotów dysku rozpyłowego: 13000 obr./min, natężenie przepływu surówki do suszarki: 10 - 15 l/min).

Fig. 2. Effect of DE dextrose equivalent (for maltodextrin fraction: 70 % d.m.) – (a) and of maltodextrin fraction used as carrier (for DE of maltodextrin: 8) – (b) on d mean size of powder particles obtained during spray drying process of red beet juice (inlet air temperature: 170 °C; outlet air temperature: 88 - 90 °C; rotational speed of rotary atomizer: 13000 rpm; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min).

W przypadku wpływu wartości DE zastosowanego nośnika maltodekstrynowego na gęstość usypową swobodną i utrząsioną obserwowano wzrost obu gęstości wraz ze wzrostem wartości DE, natomiast wzrost udziału nośnika powodował zmniejszenie analizowanych gęstości. Porównując te zależności z tendencjami zmian wielkości cząstek obserwowano zgodność w przypadku wartości DE, tzn. mniejszy rozmiar cząstek powodował większą gęstość usypową. Natomiast w przypadku udziału nośnika było odwrotnie, co mogło być spowodowane dodatkowym wpływem udziału nośnika na strukturę wewnętrzną cząstek.

Tabela 1. Zestawienie gęstości: usypowej swobodnej i utręzionej, współczynników Hausnera oraz kąta usypu proszków uzyskanych z soku buraka ćwikłowego.

Table 1. Specification of loose and tapped bulk density, Hausner ratios, and angle of repose for obtained powders from red beet juice.

Warunki procesu suszenia Spray drying conditions		Gęstość usypowa swobodna Loose bulk density [kg/m ³]	Gęstość usypowa utręszona Tapped bulk density [kg/m ³]	Współczynnik Hausnera I_H Hausner ratio	Kąt usypu Angle of repose [°]
Temperatura powietrza wlotowego Inlet air temperature [°C]	160	633	716	1,13	38
	165	628	715	1,14	35
	170	626	712	1,14	35
	175	620	701	1,13	33
	180	616	692	1,12	31
Częstość obrotów dysku rozpyłowego [obr./min] Rotational speed of rotary atomizer [rpm]	11000	624	714	1,14	31
	13000	626	712	1,14	35
	15000	629	763	1,22	43
	17000	636	787	1,24	48
	19000	645	809	1,25	55
DE zastosowanej maltodekstryny DE of maltodextrin applied	8	626	712	1,14	35
	11	637	753	1,18	36
	14	653	804	1,23	39
	19	674	882	1,31	42
	22	698	938	1,34	45
Udział maltodekstryny w proszku Maltodextrin fraction in powder [%]	50	664	903	1,36	46
	55	655	810	1,24	42
	60	652	793	1,22	41
	65	641	742	1,16	38
	70	626	712	1,14	35

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Przy zmienności jednego parametru pozostałe były stałe (temp. powietrza wlotowego: 170 °C, temp. powietrza wylotowego: 88 - 90 °C, częstość obrotów dysku rozpyłowego: 13000 obr./min, natężenie przepływu surówki do suszarki: 10 - 15 l/min, DE maltodekstryny: 8, udział maltodekstryny: 70 % s.m.) / Only one parameter varied, all other parameters were constant (inlet air temperature: 170 °C; outlet air temperature: 88 - 90 °C; rotational speed of rotary atomizer: 13000 rpm; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min; DE of maltodextrin: 8; mass fraction of maltodextrin: 70 % d.m.).

Obliczone wartości współczynnika Hausnera I_H , będącego stosunkiem gęstości usypowej utręzionej do gęstości usypowej swobodnej, w większości przypadków były mniejsze od 1,25, co dowodzi dobrej sypkości proszków [4, 12]. Wyższe wartości współczynnika Hausnera, a tym samym mniejszą sypkość, utrudniającą proces technologiczny, stwierdzono w przypadku proszków, których składnikiem były maltodekstryny o wyższym stopniu scukrzenia (DE > 14) oraz przy mniejszym udziale maltodekstryny (w przypadku maltodekstryny o DE = 8 granicą jest zawartość ok. 55 %

tego składnika w suchej masie – poniżej tej wartości mogą pojawiać się zakłócenia związane z transportem, mieszaniem, dozowaniem). Nie stwierdzono istotnego użytkowo wpływu bezpośrednich parametrów suszenia rozpyłowego, jak temperatura wlotowa powietrza i częstość obrotów dysku rozpyłowego na sypkość proszku. Jedynie w przypadku wyższych częstości obrotów obserwowano nieznacznie większe wartości I_H , ale nadal charakteryzujące dobrą sypkość (związane jest to ze wzrostem liczby drobniejszych cząstek przy wzroście częstości obrotów).

Innym parametrem opisującym sypkość uzyskiwanych proszków jest kąt usypu, którego wyznaczone wartości również zestawiono w tab. 1. Im niższy kąt usypu, tym lepsza sypkość proszku. Uzyskane wartości w zasadzie potwierdziły wyznaczone tendencje zmian w trakcie analizy współczynników Hausnera, przy czym z wartości kąta usypu wynika zdecydowanie większy wpływ częstości obrotów na sypkość proszku. Przy najwyższych prędkościach obrotowych dysku odnotowano największe kąty usypu spośród wszystkich badanych proszków, natomiast analiza współczynników Hausnera wykazała najmniejszą sypkość dla najmniejszego udziału nośnika i najwyższego DE zastosowanej maltodekstryny.

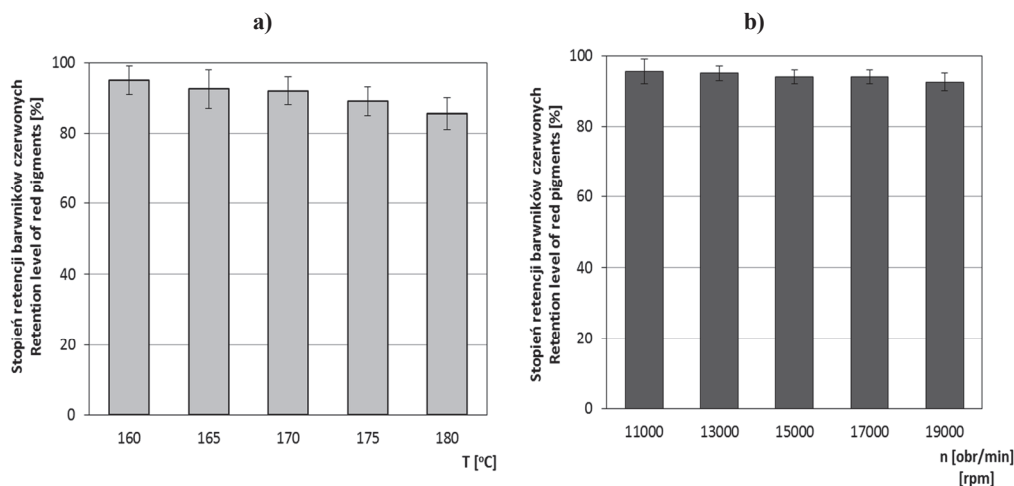
Kolejnym wyróżnikiem użytkowym proszków z soku buraka jest rozpuszczalność – bardzo ważny parametr technologiczny. Analiza wyznaczonych wartości rozpuszczalności, jako czasów rozpuszczania cząstek wysuszonego soku z buraka w powtarzalnych warunkach, nie wykazała technologicznie istotnych różnic pomiędzy proszkami. Uzyskane wyniki zawierały się w granicach od 32 ± 3 do 45 ± 4 s, co pod względem technologicznym uznano za zadowalającą szybkość rozpuszczania proszków.

Szerokie zastosowanie suszonego soku z buraka jako naturalnego barwnika w przemyśle spożywczym powoduje, że jednym z najważniejszych wyróżników jakości proszków staje się tzw. siła barwienia, która jest bezpośrednio skorelowana z zawartością barwników. Przeanalizowano wpływ warunków suszenia rozpyłowego na zawartość czerwonych barwników betalainowych i uzyskano wartości w zakresie od 196 ± 10 do 333 ± 23 mg/100 g, przy zawartości barwników czerwonych w koncentracji soku buraka na poziomie 490 mg/100 g. Uzyskano stopień retencji barwników czerwonych w procesie suszenia rozpyłowego w stosunku do wartości wyjściowej w zakresie $85,5 \div 95,5$ %.

Wpływ warunków suszenia na stopień retencji barwników czerwonych przedstawiono na rys. 3. i 4. Wzrost temperatury wlotowej powietrza suszącego powodował obniżenie stopnia retencji badanych barwników (rys. 3a), natomiast wpływ prędkości obrotowej dysku rozpyłowego na poziom barwników był nieznaczny (rys. 3b). Uzyskane zależności związane są z degradacją termiczną betacyjanin.

Wzrost udziału nośnika w suszonym soku buraka powodował wyższy stopień retencji barwników czerwonych (rys. 4b), natomiast wyższy stopień scukrzenia DE za-

stosowanego nośnika maltodekstrynowego skutkowało niższym stopniem retencji barwników (rys. 4a).



Rys. 3. Wpływ temperatury wlotowej powietrza T (dla $n = 13000$ obr/min) – (a) i częstości obrotów dysku rozpyłowego n (dla $T = 170$ °C) – (b) na stopień retencji barwników czerwonych w wysuszonym rozpyłowo soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wylotowego: 88 - 90°C, natężenie przepływu surowki do suszarki: 10 - 15 l/min, DE maltodekstryny: 8, udział maltodekstryny: 70 % s.m.).

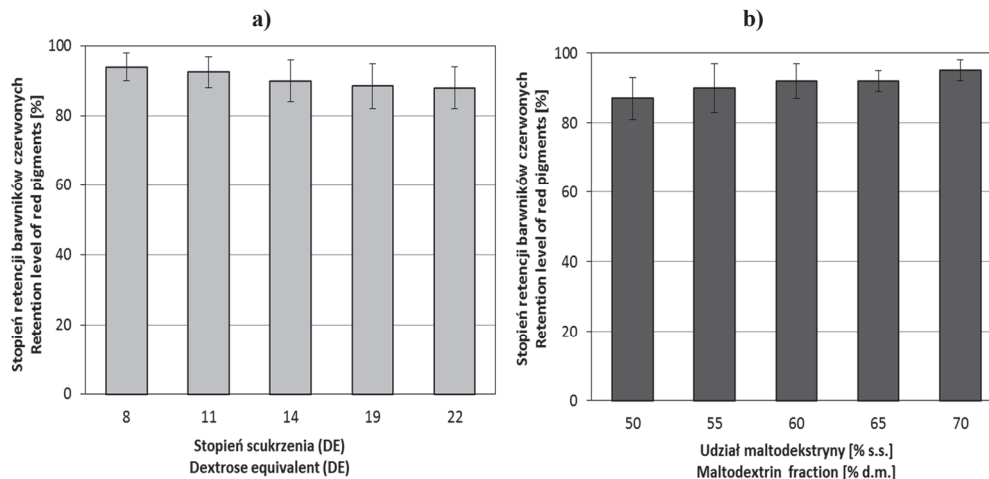
Fig. 3. Effect of T air inlet temperature (for $n = 13000$ rpm) – (a) and n rotational speed of rotary atomizer (for $T = 170$ °C) – (b) on retention level of red pigments in spray dried juice from red beets (outlet air temperature: 88 - 90 °C; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min; DE of maltodextrin: 8; mass fraction of maltodextrin: 70 % d.m.).

Użytkownicy proszków suszonego rozpyłowo soku z buraka, stosowanych jako naturalny barwnik, poszukują produktów o wysokiej sile barwienia, dobrej sypkości i rozpuszczalności oraz neutralnym lub akceptowanym do danego zastosowania smaku.

Stwierdzono, że najkorzystniejsze były nośniki maltodekstrynowe o najniższym DE ze względu na dobrą sypkość proszków i wysoki stopień retencji barwników czerwonych, natomiast do wad należy zaliczyć skrobiowy posmak niskoscukrzoney maltodekstryny, który nie do wszystkich zastosowań jest odpowiedni.

Stosowanie wyższych temperatur wlotowych powietrza skutkowało zwiększeniem rozmiaru cząstek i poprawą sypkości proszków, ale równocześnie spowodowało obniżenie stopnia retencji barwników czerwonych. Zmniejszanie częstości obrotów dysku rozpyłowego wpłynęło natomiast na zwiększenie cząstek proszków i poprawę sypkości oraz zwiększenie stopnia retencji barwników czerwonych, niekorzystnym zjawiskiem było zaś zwiększenie ubytków technologicznych związanych z oklejaniem się instalacji. W praktyce przemysłowej konieczne jest więc dobieranie optymalnych

warunków produkcji suszonego soku z buraka ćwikłowego stosownie do potrzeb użytkownika.



Rys. 4. Wpływ stopnia scukrzenia DE (przy udziale maltodekstryny: 70 % s.m.) – (a) i udziału zastosowanej maltodekstryny jako nośnika (DE maltodekstryny: 8) – (b) na stopień retencji barwników czerwonych w wysuszonym rozpyłowo soku z buraka ćwikłowego (temp. powietrza wlotowego: 170°C, temp. powietrza wylotowego: 88 - 90°C, częstotliwości obrotów dysku rozpyłowego: 13000 obr./min, natężenie przepływu surówki do suszarki: 10-15 l/min).

Fig. 4. Effect of DE dextrose equivalent of maltodextrin used as carrier (for maltodextrin fraction: 70 % d.m.) – (a) and of maltodextrin fraction (DE maltodextrin: 8) – (b) on retention level in red pigments in spray dried juice of red beets (inlet air temperature: 170 °C; outlet air temperature: 88 - 90 °C; rotational speed of rotary atomizer: 13000 rpm; flow rate of raw material into dryer: 10 - 15 l/min).

Wnioski

1. Ze wzrostem temperatury powietrza wlotowego w suszarce rozpyłowej wzrasta rozmiar uzyskiwanych cząstek suszonego soku z buraka ćwikłowego oraz maleje gęstość usypowa zarówno swobodna, jak i utrząsiona uzyskiwanego proszku, natomiast ze wzrostem częstotliwości obrotów dysku rozpyłowego rozmiar cząstek maleje, a gęstość usypowa wzrasta.
2. Zarówno zastosowanie maltodekstryń o wyższym DE, jak i zwiększanie udziału nośnika maltodekstrynowego w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka powoduje uzyskiwanie mniejszych cząstek proszku.
3. Gęstość usypowa swobodna i utrząsiona proszków z suszonego soku buraka ćwikłowego jest wprost proporcjonalna do wartości DE zastosowanego nośnika maltodekstrynowego, natomiast odwrotnie proporcjonalna do jego udziału.

4. W badanym zakresie warunków suszenia rozpyłowego soku z buraka uzyskano proszki o dobrej sypkości ($I_H < 1,25$ i kąt usypu $< 45^\circ$), przy użyciu jako nośnika maltodekstryny o $DE < 14$ i o minimalnej zawartości nośnika – 55 %.
5. Wszystkie proszki charakteryzuje odpowiednia rozpuszczalność, świadcząca o dobrych cechach użytkowych.
6. Wzrost temperatury wlotowej powietrza suszącego powoduje obniżenie stopnia retencji czerwonych barwników betalainowych, natomiast wpływ prędkości obrotowej na ten parametr jest nieznaczny.
7. Wzrost udziału nośnika powoduje wyższy stopień retencji czerwonych barwników betalainowych w procesie suszenia rozpyłowego soku z buraka ćwikłowego, natomiast wzrost stopnia scukrzenia DE zastosowanego nośnika maltodekstrynowego skutkuje nieznacznym zmniejszeniem stopnia retencji czerwonych barwników.

Literatura


- [1] Borowska J.: Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2003, **5**, 11-12, **6**, 2-30.
- [2] Czapski J.: Heat stability of betacyanins in red beet juice and betanin solutions. Zeitschrift für Lebensmittel - Untersuchung und - Forschung, 1990, **191**, 275-278.
- [3] Hausner H.H.: Friction conditions in mass of metal powder. Int. J. Powder Metall., 1967, **3**, 7-13.
- [4] Jedlińska A., Samborska K., Witrowa-Rajchert D.: Właściwości proszków otrzymanych metodą suszenia rozpyłowego modelowych roztworów glukozy, fruktozy i ich mieszanin. Acta Agrophysica, 2012, **19 (2)**, 303-317.
- [5] Kidoń M., Czapski J.: Wpływ obróbki termicznej na zawartość barwników betalainowych i zdolność przeciwutleniającą buraka ćwikłowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **1 (50)**, 124-131.
- [6] Klewicka E.: Betacyjaniny – biodostępność i biologiczna aktywność. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **2 (81)**, 5-21.
- [7] Koul V.K., Jain M.P., Koul S., Sharma V.K., Tikoo C.L., Jain S.M.: Spray drying of beet root juice using different carriers. Indian J. Chem. Technol., 2002, **9**, 442-445.
- [8] Mikołajczyk K., Czapski J.: Zdolność antyoksydacyjna i zawartość barwników betalainowych w różnych odmianach buraka ćwikłowego. Bromat. Chem. Toksykol., 2006, **39**, 437-441.
- [9] Nilsson T.: Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgarris* var. *rubra* L.). Lantbrukshogskolans Annaler, 1970, **36**, 179-219.
- [10] PN-ISO-8460:1999. Kawa rozpuszczalna. Oznaczanie gęstości nasypowej swobodnej i gęstości nasypowej ubitej.
- [11] PN-Z-04002-07:1974. Ochrona czystości powietrza. Badania fizycznych własności pyłów. Oznaczanie kąta nasypu pyłu.
- [12] Szulc K., Lenart A.: Wpływ aglomeracji na właściwości użytkowe sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **5 (54)**, 312-320.
- [13] Wesołowski P., Gawalek J.: Comparison of the energy consumption on the production of highly concentrated maltodextrin concentrates. Pol. J. Chem. Technol., 2006, **8 (4)**, 47-49.
- [14] Wesołowski P., Gawalek J.: Wpływ warunków granulacji rozpuszczalnej kawy zbożowej na wydajność procesu i jakość produktu. Przem. Chem., 2008, **87/3**, 311-314.

- [15] Wong A.C.-Y.: Characterisation of the flowability of glass beads by bulk densities ratio. Chem. Eng. Sci., 2000, **55**, 3855-3859.
- [16] Yousefi S., Emam-Djomeh Z., Mousavi S. M.: Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum L.*). J. Food Sci. Technol., 2011, 48 (6), 677-684.

EFFECT OF RED BEET JUICE SPRAY DRYING CONDITIONS ON SELECTED PROPERTIES OF PRODUCED POWDER

S u m m a r y

In the paper analysed was the spray drying process of red beet juice concentrate with maltodextrins applied as carriers. The research was performed on an experimental bench, where the key element was a Niro Atomizer FU 11 DA spray dryer with a rotary atomizer to spray/atomize liquids. The effect of the following selected process parameters was determined on the properties of the powder made from red beet juice: content of the carrier in the dry matter of the product, dextrose equivalent (DE) of maltodextrin used as a carrier, inlet air temperature in the spray dryer and rotational speed of the rotary atomizer. The following was analysed: size of the powder particles obtained, bulk density, powder flowability, water solubility, and content of red pigments. The application of carriers with a low DE made it possible to achieve a good level of flowability and a high level of retention of red pigments in the powders. The increase in the content of carrier resulted in lower losses in the red pigments during drying and in a better flowability level of powders. The effect of applying higher temperatures of inlet air was that the size of particles increased and the flowability of powders improved; but, on the other hand, the retention level of red pigments decreased. Then, reducing the rotational speed of atomizer caused the size of particles to increase and the powder flowability to improve; however, it did not significantly impact the retention level of red pigments.

Key words: powder made from red beet juice, maltodextrins, spray drying, granulometric composition, density, solubility, betalain pigments 

KRZYSZTOF BUKSA

KOMPONOWANIE SKŁADU MĄKI ŻYTNIEJ SŁUŻĄCEJ DO WYPIEKU MODELOWYCH CHLEBÓW ŻYTNICH METODĄ BEZPOŚREDNIĄ

Streszczenie

Celem pracy było skomponowanie modelowej mąki żytniej, złożonej z wyizolowanej skrobi żytniej, dostępnego w handlu preparatu pszennych arabinoksylianów i białka – stanowiącego mieszaninę albuminy jaja kurzego i komercyjnego glutenu pszennego witalnego – oraz określenie warunków fermentacji i wypieku modelowych chlebów żytnich metodą bezpośrednią.

Na podstawie wyników badań, do sporządzenia ciasta na modelowe chleby żytnie wybrano mieszanę o składzie: 83 % skrobi żytniej, 6 % preparatu pszennych arabinoksylianów rozpuszczalnych w wodzie (Naxus) oraz 6 % mieszaniny albuminy i glutenu (w proporcji 7 : 3). Stwierdzono, że taką mieszanę można uznać za modelową mąkę żytnią, którą uzupełniono dodatkami technologicznymi w postaci: 1,5 % soli, 1 % cukru, 2,5 % drożdży i 1 M roztworu kwasu mlekowego w ilości potrzebnej do uzyskania pH = 4,3. Ciasto sporządzono przy użyciu farinografu, uzyskując konsystencję 150 j.Br. Fermentację ciasta przeprowadzono w foremkach, w ciągu 60 min, w komorze fermentacyjnej o temp. 35°C, natomiast wypiek w piecu o temp. 230 °C w ciągu 20 min.

Arabinoksyliany wchodzące w skład preparatu Naxus (o znacznie mniejszej masie cząsteczkowej niż arabinoksyliany żytnie), jak również białko użyte w ww. proporcjach, do sporządzenia ciasta poddawanego fermentacji, pozwoliły uzyskać produkt w dużym stopniu zbliżony do chleba żytniego.

Słowa kluczowe: arabinoksyliany, skrobia żytnia, albumina, gluten witalny, modelowe chleby

Wprowadzenie

Pod pojęciem modelowego wypieku należy rozumieć wypiek z zastosowaniem do sporządzenia ciasta, w miejsce typowej mąki, mieszaniny jej podstawowych składników, które stosuje się w takich ilościach, w jakich występują one w naturalnej mące lub w ilościach specjalnie zmienionych, w zależności od założonego celu. Wypiek modelowy umożliwił badanie interakcji białek, tłuszczów i polisacharydów w cieście

pszennym [12], a także zaproponowanie modelu kompleksów tworzących się podczas wypieku chleba pszennego [18]. Skomponowanie mąki żytniej do wypieku modelowego jest utrudnione, ze względu na brak odpowiednich komercyjnie dostępnych składników. Najlepszym rozwiązaniem jest izolacja skrobi, pentozanów i białek z mąki żytniej, która jednak jest pracochłonna i przebiega z małą wydajnością [3, 4, 6].

Wymienione przyczyny powodują, że komponowanie mąki żytniej z poszczególnych jej składników jest trudne i dotychczas nie było prowadzone. W dotychczasowych badaniach wykonano jedynie próby z udziałem frakcji mąki żytniej, w dużym stopniu wzbogaconych w poszczególne składniki, tzn. skrobię, pentozały i białko [4, 7, 13]. Interpretacja uzyskanych wyników pod względem roli poszczególnych składników w wypieku chleba żytniego, ze względu na obecność w tych frakcjach również w małych ilościach pozostałych składników mąki i ich wzajemne możliwe interakcje [10, 19], nie była jednoznaczna.

Zastosowanie mąk skomponowanych z frakcji bogatych w odpowiednie podstawowe składniki nie spełnia wymagań i oczekiwań związanych z wypiekiem modelowym, natomiast zastosowanie wyizolowanych, czystych składników, tzn. skrobi, a zwłaszcza pentozanów i białek do komponowania mąki jest bardzo trudne i czasochłonne [3, 6].

Celem pracy było skomponowanie modelowej mąki żytniej złożonej z wyizolowanej skrobi żytniej, dostępnego w handlu preparatu pszennych pentozanów, a także białka, jako mieszaniny albuminy jaja kurzego i dostępnego komercyjnie glutenu pszennego oraz określenie warunków fermentacji i wypieku chlebów żytnich metodą bezpośrednią.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiła skrobia, którą izolowano z mąki całościarnowej, uzyskanej z ziarna żyta odmiany 'Warko', zgodnie z opisem zamieszczonym w pracy Buksy i wsp. [5]. Do badań używano również albuminy jaja kurzego (POCH, Polska), glutenu witalnego (Cargill, Polska), preparatu pszennych arabinoksylianów rozpuszczalnych w wodzie (Naxus), zakupionego w firmie BioActor B.V. (Belgia), drożdży liofilizowanych (*Saccharomyces cerevisiae*, Lesafree, Francja), kwasu mlekowego (POCH) oraz chlorku sodu (POCH).

Zawartość białka w skrobi oznaczano metodą Kjeldahla [1], a zawartość tłuszczu zgodnie z normą [16]. Oznaczenie charakterystyki kleikowania 15-procentowych wodnych kleików skrobiowych wykonywano przy użyciu amylografu Micro Visco Amylo-Graph (firmy Brabender), zgodnie z instrukcją obsługi aparatu. Współczynnik pęcznienia wyizolowanej skrobi oznaczano metodą z niebieskim dekstranem [20]. Analizę zawartości amylozy w skrobi wykonywano metodą wg Morrisona i Laigneleta [14].

Analizę rozkładu mas cząsteczkowych skrobi wykonywano przy użyciu zestawu HPSEC zgodnie z opisem zamieszczonym w pracy Buksy i wsp. [5].

Zawartość białka oraz arabinoksylianów całkowitych w preparacie arabinoksylianów pszennych (Naxus) oznaczano metodami opisanymi w pracy Buksy i wsp. [6]. Cukry proste po hydrolizie kwasowej oznaczano metodą HPLC/RI opisaną w pracy Buksy i wsp. [6]. Analizę rozkładu mas cząsteczkowych preparatu arabinoksylianowego przeprowadzono metodą HPSEC [6].

Analizę rozkładu mas cząsteczkowych albuminy przeprowadzono w zestawie HPSEC, wyposażonym w zestaw kolumn OH-pak SB-G, SB-806HQ i SB-804HQ i detektor UV pracujący przy długości fali $\lambda = 280$ nm. Eluent stanowił bufor 0,1 M sodowo-fosforanowy i 0,5 M NaCl (pH = 7,0), szybkość przepływu 0,6 ml/min, temp. kolumn 30 °C. Próbkę przygotowywano rozpuszczając 10 mg białka w eluencie przez 6 h w temp. 30 °C. Opracowanie wyników wykonywano z wykorzystaniem oprogramowania Eurochrom (wersja 3.05) firmy Knauer oraz Clarity (wersja 4.0.1.700) firmy DataApex.

Ciasto do wypieku modelowych chlebów żytnich sporządzano w mieszarce farinografu o pojemności dzieży 50 g (Farinograph E, Brabendera) ze skomponowanej modelowej mąki żytniej (95 %) zawierającej różne proporcje preparatu Naxus, skrobi i białka (w różnych proporcjach albuminy i glutenu – tab. 3 - 6) oraz z dodatków technologicznych (5 %): 2,5 % drożdży liofilizowanych, 1,5 % NaCl, 1 % sacharozy (pełniących również rolę uzupełniającą skład chemiczny modelowej mąki) oraz 3,5 ml 1M roztworu kwasu mlekowego (dodawanego w trakcie mieszenia ciasta jako część wody) do uzyskania kwasowości ciasta przed fermentacją o pH = 4,3. Dla uproszczenia modelu świadomie zrezygnowano z zastosowania preparatów amylo- i proteolitycznych. Ilości wymienionych składników przeliczano na 100 g mieszanki użytej do sporządzenia ciasta. Przed przygotowaniem ciasta mieszankę wszystkich składników kondycjonowano do wilgotności 14 %. Do mieszanki wyżej wymienionych składników (w sumie 50 g) dodawano taką ilość wody, aby w farinografie uzyskać ciasto o konsystencji 150 j.Br. Każdorazowe mieszenie próbek prowadzono przez 12 min.

Z uzyskanego ciasta formowano kęsy o masie 60 g, a następnie umieszczano je w foremkach (3 × 3 × 4 cm). Każdorazowo po 15 min od momentu rozpoczęcia mieszenia ciasta (w farinografie), uformowane kęsy wstawiano do komory fermentacyjnej pieca piekarskiego firmy Mive Condo. Fermentację kęsów ciasta prowadzono przez 60 min, w komorze fermentacyjnej pieca w temp. 35 °C oraz przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej 80 %. Wypiek kęsów ciasta prowadzono przez 20 min w komorze wypiekowej pieca piekarskiego Mive Condo, w temp. 230 °C. Wypieczone chleby ważono natychmiast po wyjęciu z pieca, oznaczając stratę wypiekową, a następnie studzono w temperaturze 20 ± 2 °C przez 1 h i ważono, w celu oznaczenia straty upiekowej całkowitej.

Objętość chlebów mierzono w laserowym analizatorze objętości Volscan Profiler (Stable Microsystems, Anglia), zgodnie z instrukcją obsługi urządzenia. Objętość chleba przeliczano na 100 g modelowej mieszanki wypiekowej o standardowej wilgotności wynoszącej 14 %.

Wilgotność miękkiszu chlebów oznaczano metodą suszarkową wg AOAC – Method 925.10 [1], w dniu wypieku.

Przed wykonaniem analizy tekstury miękkiszu modelowych chlebów bochenek odcinano na wysokości 3 cm od podstawy. Analizę tekstury wykonywano na dolnej części bochenka analizatorem tekstury typu TA.XT Plus, zgodnie z normą [17].

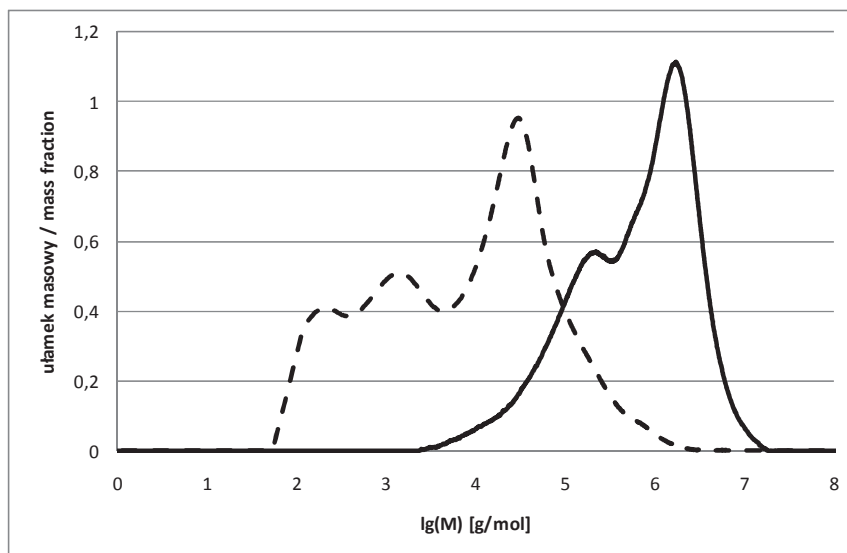
Wszystkie oznaczenia chemiczne i technologiczne oraz wypiek modelowych chlebów żytnich wykonywano co najmniej w dwóch powtórzeniach. Obliczenia statystyczne wykonywano w programie Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, USA). Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Do skomponowania mąki na modelowe chleby zastosowano skrobię żytnią, preparat arabinoksylianów pszennych rozpuszczalnych w wodzie (Naxus) oraz jako białko albuminę jaja kurzego i pszenny gluten witalny. Przed zastosowaniem do badań przebadano ich właściwości.

Właściwości skrobi żytniej

Podstawowy skład chemiczny i właściwości skrobi żytniej zastosowanej do badań, wyizolowanej z całościarnowej mąki z ziarna żyta odmiany 'Warko', przedstawiono w tab. 1. Odznaczała się typowym składem chemicznym i właściwościami w porównaniu ze skrobią wyizolowaną z mąki całościarnowej różnych odmian żyta [5]. Mimo małych wartości większości ważnych parametrów skrobi (temperatury kleikowania, współczynnika pęcznienia (SF) i zawartości amylozy) nadaje się ona do wypieku modelowego [5]. Rozkład mas cząsteczkowych skrobi (rys. 1) był typowy i nie wykazywał frakcji niskocząsteczkowej, co świadczy o tym, że skrobia nie była uszkodzona i zhydrolizowana. Obliczona masa cząsteczkowa (M_w , tab. 1) była mniejsza niż wartości uzyskane we wcześniejszych badaniach przez Buksę i wsp. [5], co wynikało z różnic w surowcu użytym do izolacji.



Rys. 1. Rozkład mas cząsteczkowych skrobi wyizolowanej z ziarna żyta odmiany 'Warko' (—) i pszen-nych arabinoksylianów (- -).

Fig. 1. Molecular mass distribution of starch isolated from rye grain of 'Warko' variety (—) and of wheat AX (- -).

Tabela 1. Skład chemiczny i właściwości skrobi żytniej wyizolowanej z ziarna odmiany 'Warko'.

Table 1. Chemical composition and properties of rye starch isolated from grains of 'Warko' variety.

Cecha / Characteristic	$\bar{x} \pm s / SD$
Zawartość substancji nieskrobiowych / Content of non-starch substances:	
- białko ($N \times 6,25$) [% s.m.] / protein ($N \times 6,25$) [% d.m.]	$0,2 \pm 0,1$
- tłuszcz [% s.m.] / fat [% d.m.]	$0,3 \pm 0,0$
Charakterystyka pęcznienia i kleikowania / Swelling and casting profile:	
- temperatura kleikowania / casting temperature [°C]	$67,0 \pm 2,1$
- lepkość maksymalna / maximum viscosity [j.Br.]	$225,0 \pm 7,1$
- SF* 70°C [-]	$8,8 \pm 0,3$
- SF 80°C [-]	$9,3 \pm 0,2$
- SF 90°C [-]	$9,2 \pm 0,2$
Charakterystyka właściwości molekularnych / description of molecular properties:	
- zawartość amylozy / amylose content [%]	$22,7 \pm 0,4$
- $M_w \times 10^5$ [g/mol]	11,0

Objaśnienia: / Explanatory notes:

\bar{x} – wartość średnia z 2 powtórzeń / mean value of two replications; s – odchylenie standardowe / s – standard deviation; SF – współczynnik pęcznienia / swelling factor; M_w – wagowo średnia masa cząsteczkowa / weight average molar mass.

Właściwości pszennego preparatu arabinoksylianów rozpuszczalnych w wodzie

Charakterystykę handlowego preparatu pszennych arabinoksylianów rozpuszczalnych w wodzie (Naxus) przedstawiono w tab. 2. Preparat ten charakteryzował się zbliżoną zawartością czystych arabinoksylianów oraz o połowę mniejszą zawartością białka w porównaniu z arabinoksylianami otrzymanymi metodą laboratoryjną z ziarna żyta [5, 6]. Stosunek zawartości arabinozy do ksylozy (A/X, tab. 2) mieścił się powyżej zakresu $0,50 \div 0,71$, charakterystycznego dla AX wyizolowanych z bielma ziarna pszenicy [2] i był podobny do żytnich arabinoksylianów ($0,48 \div 0,78$) [2, 4]. W odróżnieniu do arabinoksylianów żytnich stwierdzono 7,4-procentowy udział galaktozy, najprawdopodobniej stanowiącej składnik arabinogalaktanów [8] występujących w ziarnie pszenicy. Analiza rozkładu mas cząsteczkowych arabinoksylianów obecnych w preparacie uzyskanym z ziarna pszenicy świadczy, że charakteryzowały się one małą masą cząsteczkową (rys. 1, tab. 2), w porównaniu zarówno z pszennymi AX ($2,2 \div 7,0 \times 10^5$ g/mol [2, 9]), jak i żytnimi AX ($2,4 \div 8,4 \times 10^5$ g/mol [4, 19]) i małą lepkością graniczną, w porównaniu z pszennymi ($2,75 \div 5,48$ dl/g) i żytnimi ($2,46 \div 5,9$ dl/g) AX

Tabela 2. Skład chemiczny i właściwości preparatu pszennych arabinoksylianów rozpuszczalnych w wodzie.

Table 2. Chemical composition and properties of preparation of water soluble wheat arabinoxylans.

Badane wskaźniki / Studied indices	$\bar{x} \pm s / SD$
Zwartość AX ogółem [% s.m.] / Total content of AX [% d.m.]	71,7 \pm 0,9
Zawartość białka [% s.m.] / Protein content (N \times 6,25) [% d.m.]	7,9 \pm 0,0
Zawartość cukrów prostych po hydrolizie kwasowej [% s.m.] / content of single sugars after acid hydrolysis [% d.m.]:	
- glukoza / glucose	9,2 \pm 0,3
- ksyloza / xylose (X)	37,5 \pm 0,3
- galaktoza / galactose	7,4 \pm 0,1
- arabinoza / arabinose (A)	27,7 \pm 0,4
- mannoza / mannose	1,1 \pm 0,1
Suma zawartości cukrów prostych / Total of single sugars	73,3 \pm 0,8
Stosunek A/X / A:X ratio	0,74
Właściwości molekularne / Molecular properties:	
- $M_w \times 10^4$ [g/mol]	8,0
- η [dL/g]	0,40

Objaśnienia: / Explanatory notes:

η – lepkość graniczna / intrinsic viscosity

Pozostałe objaśnienia jak w tab. 1. / Other explanations as in Tab. 1.

[2, 6, 22], co potwierdziło ich dużo mniejszą masę cząsteczkową. Różnice te mogą wynikać z zastosowania innego surowca, ale przede wszystkim z warunków procesu izolacji AX, sugerujących ich częściową hydrolizę [6].

Właściwości białka rozpuszczalnego (albuminy) oraz nierozpuszczalnego (pszennego glutenu witalnego)

Zawartość białka w preparacie albuminy była duża i wynosiła 86,1 %. Z rozdziału chromatograficznego w kolumnach HPSEC (wyników nie zamieszczono) wynika, że objętość elucji albuminy pokrywała się z objętością elucji wzorcowej albuminy wołowej, o masie cząsteczkowej $6,6 \times 10^4$ g/mol i mieściła się w zakresie zmienności podanym w literaturze, charakterystycznym dla albuminy pszenicy, wyznaczonym techniką SEC [11] i żyta, oznaczonym techniką SDS Page [21].

Zawartość białka w preparacie glutenu wynosiła ponad 80 %, zgodnie z deklaracją producenta.

Wypiek modelowych chlebów żytnich metodą bezpośrednią

Charakterystykę wypiekową modelowych chlebów żytnich podano w tab. 3 - 6. Aby sprawdzić, czy z dostępnych handlowo surowców można uzyskać modelowy produkt o cechach pieczywa żytniego, zastosowano różny procentowy ich udział do sporządzenia ciasta.

W pierwszym wariantcie do przygotowania ciasta na modelowe chleby użyto preparatu arabinoksylianów oraz skrobi (tab. 3) bez dodatku białek, ponieważ uważa się, że odgrywają one małą rolę w wypieku chleba żytniego [7]. Należy jednak pamiętać, że białko wchodzi w skład arabinoksylianów (tab. 2), skrobi (tab. 1) i drożdży liofilizowanych (stanowiąc ok. 40 % s.m. drożdży [15]). W pierwszej kolejności, w celu porównania, wypieczono chleb, stosując samą skrobię. Charakteryzował się on najniższą jakością. Gdy zastosowano dodatek AX w miejsce części skrobi, w miarę zmniejszania się stosunku zawartości skrobi do AX do poziomu 9,6, w mieszance użytej do sporządzenia ciasta o konsystencji 150 j.Br., malała ilość dodawanej wody. Z takiego ciasta uzyskiwano jednak chleby o coraz mniejszej stracie wypiekowej, większej objętości, bardziej wilgotnym miększu, o mniejszej twardości oraz o zbliżonej adhezyjności. Zmniejszenie w mieszance stosunku skrobi do AX do wartości równej 6,9 doprowadziło do uzyskania chlebów o znacznie mniejszej objętości, bardziej twardym miększu i dużej adhezyjności (w stosunku do próbek, w których stosunek użytych polisacharydów wynosił 9,6), przy pozytywnych wartościach pozostałych parametrów ich jakości.

Tabela 3. Wodochłonność modelowej skrobiowo-arabinoksylianowej mieszanki wypiekowej, determinowana wielkością dodatku arabinoksylianów pszennych (AX), oznaczana przy konsystencji ciasta 150 j.Br. i właściwości wypiekowe otrzymanych z niej modelowych chlebów żytnich.

Table 3. Water absorption of model starch-arabinoxylan baking blend subject to the amount level of added wheat arabinoxylans (AX) and determined at dough consistency of 150 BU, as well as baking properties of model rye breads baked from this baking blend.

Ilość składników mąka + dodatki Amount of ingredients flour + additives				S/AX	Wodo-chłonność Water absorption [%]	Strata wypiekowa całkowita Total Baking Loss [%]	Objętość chleba Bread volume [mL/100 g]	Wilgotność Moisture [%]	Twardość Hardness [N]	Adhezyjność Adhesiveness [N·s]
AX	S	B	D							
0	95	0	5	-	68,2 ^d ± 0,2	25,1 ^e ± 0,3	253,7 ^a ± 2,2	35,7 ^a ± 0,4	18,7 ^d ± 0,5	-1,5 ^a ± 0,2
1	94	0	5	94,0	64,8 ^c ± 0,2	20,4 ^d ± 0,3	327,4 ^b ± 0,8	38,5 ^{bc} ± 0,5	10,3 ^c ± 0,1	-2,8 ^a ± 0,9
3	92	0	5	30,7	64,2 ^c ± 0,2	20,2 ^{cd} ± 0,3	358,2 ^c ± 3,0	39,5 ^{cd} ± 0,1	8,4 ^b ± 0,3	-1,4 ^a ± 1,6
6	89	0	5	14,8	59,8 ^{ab} ± 0,2	19,0 ^{bcd} ± 0,3	388,3 ^{de} ± 2,1	42,7 ^e ± 0,6	3,3 ^a ± 0,3	-1,9 ^a ± 0,3
9	86	0	5	9,6	60,0 ^{ab} ± 0,6	17,2 ^{ab} ± 0,5	392,5 ^e ± 10,1	42,0 ^e ± 0,1	4,4 ^a ± 0,3	-4,4 ^a ± 1,1
12	83	0	5	6,9	59,0 ^a ± 0,2	16,8 ^a ± 0,4	297,9 ^b ± 8,0	42,7 ^e ± 0,8	8,0 ^b ± 0,5	-12,4 ^a ± 6,1

Objaśnienia: / Explanatory notes:

AX – udział dodatku preparatu arabinoksylianów / content of added arabinoxylan preparation; S – udział dodatku skrobi / content of added starch; B – udział dodatku preparatu białka rozpuszczalnego (albuminy) / content of added protein preparation; D – dodatki dopełniające do 100 (sól, cukier i drożdże) / baking additives to make 100 in total (salt, sugar, and yeast); liczby w kolumnach to wartość średnia z 2 powtórzeń ± odchylenie standardowe / numbers in columns denote mean value of two replications ± standard deviation;

wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych kolumnach nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności 0,05 / mean values in individual columns and denoted by the same letters do not differ statistically significantly at p = 0.05.

Produkty o najlepszych parametrach uzyskano z mieszanki o stosunku skrobi do AX równym 14,8 i 9,6. Mięksiz uzyskanego chleba charakteryzował się jednak zbyt drobnymi porami i był nadmiernie kruchy, co wskazywało na brak dostatecznej ilości białka.

W celu uwidocznienia roli poszczególnych składników ciasta w modelowym produkcie, w drugim wariancie doświadczenia do wypieku zastosowano mieszankę skład-

ników bez arabinoksylianów tj. skrobię i białko (tab. 4). Jako białko zastosowano samą albuminę jaja kurzego lub mieszaninę albuminy z glutenem (tab. 4) w dwóch proporcjach 3 : 7 i 7 : 3. Przy wzrastającej ilości albuminy w mieszance, podobnie jak w przypadku udziału arabinoksylianów, zmniejszała się ilość wody niezbędna do uzyskania ciasta o konsystencji 150 j.Br. Zmniejszała się także strata wypiekowa chlebów. Chleby cechowała: mała objętość, podobna wilgotność, duża twardość oraz mała adhezyjność miękiszu (tab. 4). Niekorzystne parametry (głównie duża twardość miękiszu) chlebów uzyskanych z modelowej mąki złożonej ze skrobi i optymalnej ilości białka rozpuszczalnego (w mące żytniej zawartość białka rozpuszczalnego wynosi 3 ÷ 6 % [7]) były prawdopodobnie spowodowane brakiem AX.

Tabela 4. Wodochłonność modelowej skrobiowo-białkowej mieszanki wypiekowej, determinowana wielkością dodatku białka (albuminy i glutenu), oznaczana przy konsystencji ciasta 150 j.Br. i właściwości wypiekowe otrzymanych z niej modelowych chlebów żytnich.

Table 4. Water absorption of model starch-protein baking blend subject to the amount level of added proteins (albumin and gluten) as determined at dough consistency of 150 BU, as well as baking properties of model rye breads baked from this baking blend.

Ilość składników mąka + dodatki Amount of ingredients flour + additives				Wodochłonność Water absorption [ml]	Strata wypiekowa całkowita Total Baking Loss [%]	Objętość chleba Bread volume [ml/100 g]	Wilgotność Moisture [%]	Twardość Hardness [N]	Adhezyjność Adhesiveness [N·s]
AX	S	B alb + glu	D						
0	94	1 + 0	5	63,4 ^{bcd} ± 0,2	24,4 ^d ± 0,3	277,5 ^{ab} ± 9,3	37,0 ^a ± 0,2	18,4 ^a ± 1,2	-5,1 ^a ± 1,5
0	93	3 + 0	5	62,2 ^{abc} ± 0,6	19,5 ^{bc} ± 0,4	265,5 ^a ± 5,7	37,5 ^a ± 0,1	17,6 ^a ± 0,8	-4,3 ^a ± 1,1
0	89	6 + 0	5	61,0 ^a ± 0,6	16,9 ^a ± 0,1	270,5 ^a ± 4,8	37,6 ^a ± 0,2	17,4 ^a ± 1,5	-3,9 ^a ± 2,9
0	94	0,3 + 0,7*	5	64,2 ^d ± 0,6	21,3 ^c ± 0,5	290,1 ^{abc} ± 7,1	36,9 ^a ± 0,6	18,2 ^a ± 0,3	-1,1 ^a ± 0,7
0	92	0,9 + 2,1*	5	62,2 ^{abc} ± 0,6	21,4 ^c ± 0,4	353,6 ^d ± 6,2	36,8 ^a ± 0,5	10,8 ^b ± 0,5	-1,7 ^a ± 0,6
0	89	1,8 + 4,2*	5	61,0 ^a ± 0,2	20,5 ^{bc} ± 0,5	349,4 ^d ± 7,8	37,2 ^a ± 0,4	10,8 ^b ± 0,2	-0,9 ^a ± 0,5
0	94	0,7 + 0,3**	5	63,6 ^{cd} ± 0,2	20,1 ^{bc} ± 0,6	314,9 ^{cde} ± 13,4	36,8 ^a ± 0,3	16,1 ^{cd} ± 0,4	-0,6 ^a ± 0,6
0	92	2,1 + 0,9**	5	61,6 ^{ab} ± 0,6	19,7 ^{bc} ± 0,8	342,6 ^{de} ± 7,8	36,1 ^a ± 0,2	14,7 ^{cd} ± 0,3	-1,3 ^a ± 0,7
0	89	4,2 + 1,8**	5	60,2 ^a ± 0,1	18,9 ^{ab} ± 0,7	302,2 ^{bc} ± 9,9	36,5 ^a ± 0,4	13,4 ^{bc} ± 0,1	-0,8 ^a ± 0,5

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* – albumina : gluten - 3 : 7; ** – albumina : gluten - 7 : 3; AX – udział dodatku preparatu arabinoksylianów / content of added arabinoxylan preparation; S – udział dodatku skrobi / content of added starch; B – udział dodatku preparatu białka / content of added protein preparation;

Pozostałe objaśnienia jak w tab. 3 / Other explanations as in Tab. 3.

Przy zastosowaniu mieszaniny białek (albuminy i glutenu), w miarę wzrostu ich sumarycznej ilości, niezależnie od stosunku albuminy do glutenu i przy braku AX, zaobserwowano niewielkie zmiany dodatku wody w celu uzyskania ciasta o konsystencji 150 j.Br. (tab. 4). Ponadto, w porównaniu do chlebów uzyskanych bez udziału glutenu, oznaczono zbliżoną stratę wypiekową, wzrost objętości chlebów, stałą wilgotność miększu, zmniejszanie się jego twardości przy zbliżonej, małej adhezyjności (tab. 4). Zaobserwowano większą porowatość miększu takich chlebów niż uzyskanych z zastosowaniem jedynie albuminy. Przy zastosowaniu mieszaniny albuminy i glutenu z przeważającą ilością albuminy (7 : 3), uzyskane chleby charakteryzowały się podobnymi właściwościami. Po zastosowaniu albuminy i glutenu w odwrotnej proporcji tj. 3 : 7, w mieszance o 1-procentowej całkowitej zawartości białka zaobserwowano najmniejszą objętość i największą twardość miększu chlebów, natomiast przy 3- i 6-procentowej zawartości białka o takim samym składzie – największą objętość i najmniejszą twardość miększu.

W kolejnym wariancie (tab. 5), ze względu na zdecydowanie niekorzystną charakterystykę chlebów otrzymanych z mieszanek skrobi i AX, bez udziału białka, do sporządzenia modelowego ciasta użyto trzech składników, tj. AX, skrobi i albuminy jako białka. Do badań wybrano dwie proporcje ilości składników: skrobi do AX – ok. 30 i ok. 14 oraz białka od 1 do 6 %.

Tabela 5. Wodochłonność modelowej mieszanki wypiekowej złożonej ze skrobi AX i białka (albuminy), oznaczona przy konsystencji ciasta 150 j.Br. i właściwości wypiekowe otrzymanych z niej modelowych chlebów żytnich.

Table 5. Water absorption of model baking blend composed of starch, AX, and protein (albumin) as determined at dough consistency of 150 BU, as well as baking properties of model rye breads baked from this baking blend.

Ilość składników mąka + dodatki Amount of ingredients flour + additives				S/AX	Wodochłonność Water absorption [ml]	Strata wypiekowa całkowita Total Baking Loss [%]	Objętość chleba Bread volume [ml/100 g]	Wilgotność Moisture [%]	Twardość Hardness [N]	Adhezyjność Adhesiveness [N·s]
AX	S	B alb + glu	D							
3	91	1 + 0	5	30,3	35,4 ^d ± 0,8	21,8 ^d ± 0,3	395,0 ^b ± 1,1	39,5 ^a ± 0,5	6,3 ^a ± 0,3	-1,8 ^b ± 2,1
6	88	1 + 0	5	14,7	34,4 ^{cd} ± 0,8	18,2 ^{ab} ± 0,1	390,5 ^b ± 1,9	43,2 ^b ± 0,2	3,7 ^a ± 0,2	-9,5 ^b ± 3,1
3	89	3 + 0	5	29,7	62,2 ^{bc} ± 0,5	20,1 ^c ± 0,2	360,9 ^a ± 3,5	40,1 ^a ± 0,4	5,5 ^a ± 0,6	-4,3 ^b ± 3,1
6	86	3 + 0	5	14,3	60,8 ^b ± 0,4	18,7 ^{bc} ± 0,6	361,8 ^a ± 5,1	42,8 ^b ± 0,5	4,3 ^a ± 0,5	-6,1 ^b ± 2,0
6	83	6 + 0	5	13,8	58,4 ^a ± 0,1	16,3 ^a ± 0,0	354,3 ^a ± 4,8	43,2 ^b ± 0,1	11,2 ^b ± 0,7	-14,1 ^a ± 1,6

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Również na tym etapie stwierdzono tendencję do zmniejszania dodatku wody przy tworzeniu ciasta o konsystencji 150 j.Br. w miarę wzrostu udziału AX i białka (tab. 5).

Jak należało oczekiwać, parametry wypieczonych modelowych chlebów (tab. 5) były korzystniejsze (większa objętość, mniejsza twardość i nieduża adhezyjność miękiszu), gdy zastosowano wymienione 3 składniki, w tym 3- i 6-procentowy udział AX oraz 1- ÷ 6-procentową zawartość albuminy (tab. 5) w stosunku do wersji bez AX (tab. 4). Najmniej korzystnymi parametrami (tzn. najbardziej twardym miękiszem o największej adhezyjności) charakteryzował się chleb zawierający w swoim składzie 6 % AX i 6 % albuminy, jednak odznaczał się on małą stratą wypiekową i dużą wilgotnością miękiszu.

Ostatni wariant eksperymentu przewidywał sporządzenie modelowego ciasta i wypiek chlebów ze wszystkich składników (AX, skrobi i białka), jak w wersji poprzedniej (tab. 6), ale zastosowano jako białko mieszaninę albuminy i glutenu w takich proporcjach, jak wcześniej (tab. 4). Użyto jedynie białka w ilości 6 % (jak w mące żytniej o małym wyciągu [7]), w tym ok. 2 lub 4 % albuminy, a pozostałą ilość uzupełniono glutenem. Zastosowano niewielki dodatek albuminy, gdyż duża jej ilość, wprawdzie bez glutenu i AX, spowodowała stwardnienie miękiszu (tab. 4 i 5). Ponadto zastosowano zróżnicowane ilości AX – od 3 do 12 %, aby uzyskać w mieszankach zróżnicowane proporcje skrobi do AX.

Z wymienionych wyżej składników, do sporządzenia ciasta o konsystencji 150 j.Br. użyto zbliżoną ilość wody, ale z tendencją do jej zmniejszania przy wzrastającej ilości AX. Chleby uzyskane z mieszaniny skrobi, 6 % AX i 6 % białka, w skład którego wchodził też gluten (tab. 6), charakteryzowały się lepszymi parametrami (tzn. większą objętością, mniejszą twardością i adhezyjnością miękiszu), w porównaniu z chlebami, do sporządzenia których zastosowano tylko albuminę (tab. 5).

Chleby uzyskane z ciasta o tej samej proporcji skrobi do AX i przy stosunku albuminy do glutenu 7 : 3 (6 % białka, w tym ok. 4 % albuminy i 2 % glutenu), mimo że nieistotnie statystycznie, charakteryzowały się mniejszą objętością, dużą wilgotnością miękiszu, większą twardością i mniejszą stratą wypiekową (tab. 6) w stosunku do chlebów otrzymanych przy odwrotnej proporcji albuminy do glutenu, tzn. 3 : 7.

Chleby wypieczone z mieszanki, w której zawartość albuminy przeważała nad glutenem, były podobne pod względem twardości, wilgotności i porowatości miękiszu do chleba żytniego, natomiast gdy w mieszance było więcej glutenu, produkty przypominały chleb pszenny.

Jak należało oczekiwać, [7] jakość chlebów zależała również od stosunku skrobi do AX. Za najlepsze uznano chleby uzyskane z mieszanek, w których stosunek skrobi do AX wynosił 13,8 i 8,9, a za najgorsze – 6,4. Jednak pod względem sensorycznym

chleb uzyskany z mieszanki, w której stosunek AX do skrobi wynosił 13,8 najbardziej przypominał chleb żytni.

Tabela 6. Wodochłonność modelowej mieszanki wypiekowej złożonej ze skrobi AX i białka (albuminy i glutenu), oznaczona przy konsystencji ciasta 150 j.Br. i właściwości wypiekowe otrzymanych z niej modelowych chlebów żytnich.

Table 6. Water absorption of model baking blend composed of starch, AX, and protein (albumin and gluten) as determined at dough consistency of 150 BU, as well as baking properties of model rye breads baked from this baking blend.

Ilość składników mąka + dodatki Amount of ingredients flour + additives				S/AX	Wodochłonność Water absorption [%]	Strata wypiekowa całkowita Total Baking Loss [%]	Objętość chleba Bread volume [mL/100 g]	Wilgotność Moisture [%]	Twardość Hardness [N]	Adhezyjność Adhesiveness [N·s]
AX	S	B alb + glu	D							
3	86	1,8 + 4,2*	5	28,7	60,8 ^c ± 0,2	19,1 ^e ± 0,5	388,3 ^{bc} ± 0,5	41,0 ^a ± 0,6	4,7 ^{abc} ± 0,3	-1,8 ^{cd} ± 2,2
6	83	1,8 + 4,2*	5	13,8	59,8 ^b ± 0,6	18,3 ^d ± 0,4	387,7 ^c ± 11,1	43,8 ^{bcd} ± 0,4	3,5 ^a ± 0,4	-4,7 ^{bcd} ± 4,2
9	80	1,8 + 4,2*	5	8,9	59,8 ^b ± 0,6	17,9 ^c ± 0,6	386,9 ^c ± 7,4	43,8 ^{bcd} ± 0,6	4,3 ^{ab} ± 0,3	-7,5 ^{bcd} ± 3,3
12	77	1,8 + 4,2*	5	6,4	59,2 ^b ± 0,2	17,4 ^{a-e} ± 0,6	370,1 ^{abc} ± 12,5	44,6 ^d ± 0,8	4,7 ^{abc} ± 0,4	-25,5 ^a ± 5,6
3	86	4,2 + 1,8**	5	28,7	59,0 ^{bc} ± 0,0	18,2 ^{b-e} ± 0,2	355,4 ^a ± 5,8	42,0 ^{ab} ± 0,3	6,4 ^{cd} ± 0,3	-0,9 ^d ± 0,8
6	83	4,2 + 1,8**	5	13,8	58,0 ^{ab} ± 0,2	17,6 ^{abc} ± 0,8	372,1 ^{abc} ± 4,2	43,5 ^{bcd} ± 0,5	5,8 ^{bcd} ± 0,4	-3,0 ^{cd} ± 1,7
9	80	4,2 + 1,8**	5	8,9	56,2 ^a ± 0,2	15,9 ^a ± 0,9	349,9 ^a ± 4,2	43,5 ^{bcd} ± 0,6	6,4 ^{cd} ± 0,2	-11,2 ^{bcd} ± 4,4
12	77	4,2 + 1,8**	5	6,4	56,0 ^a ± 0,0	15,9 ^a ± 0,4	354,6 ^{abc} ± 4,7	44,2 ^{cd} ± 0,9	6,9 ^d ± 0,3	-34,7 ^a ± 6,3

Objaśnienia jak pod tabelą 4 / Explanatory notes as in Table 4.

Wyniki badań pozwoliły uznać chleb uzyskany z mieszanki skrobi żytniej i AX (Nagus) w proporcji 13,8 oraz z udziałem białka o stosunku albuminy jaja kurzego do glutenu pszennego 7 : 3 jako najbardziej przypominający chleb żytni. Zaproponowany model można wykorzystać szczególnie w badaniach dotyczących wpływu skrobi o zróżnicowanych cechach na właściwości chleba żytniego.

Zastosowanie wyżej wymienionych składników w badaniach modelowych wprawdzie jest możliwe, trzeba jednak pamiętać, że uzyskane z nich ciasto wykazuje różnice w porównaniu z typowym ciastem żytnim. Obserwowano bowiem przy jego sporządzaniu (o konsystencji 150 j.Br.) zmniejszanie dodatku wody wraz ze wzrostem ilości AX (zmniejszaniem się stosunku skrobi do AX). Podobnie zwiększanie ilości

białka, któremu towarzyszyło równoczesne zmniejszenie ilości skrobi, powodowało także zmniejszanie ilości dodawanej wody w celu uzyskania ciasta o konsystencji 150 j.Br. Prawdopodobnie, ze względu na małą masę cząsteczkową zastosowanych AX, chłonęły one mniej wody niż typowe żytnie AX, a skrobia, która w naturalnej mące wykazuje małą wodochłonność, w mące modelowej miała ten proces bardziej utrudniony, ze względu na blokowanie dostępu wody do ziarenek skrobi przez powstające w cieście lepkie roztwory pentozanowo-białkowe. Roztwory te nie tylko wiązały wodę, ale także odpowiadały za tworzenie porów w mięksiszu, co skutkowało wzrostem objętości chlebów z większym udziałem AX.

Wnioski

1. Z połączenia skrobi żytniej oraz składników strukturotwórczych pochodzących z innych źródeł biologicznych można skomponować optymalną mieszankę do wypieku pieczywa o właściwościach porównywalnych z właściwościami pieczywa żytniego.
2. Chleb bez dodatku białka charakteryzował się zbyt drobnymi porami i był nadmiernie kruchy, natomiast chleb wypieczony bez dodatku AX charakteryzował się niekorzystnymi parametrami, głównie dużą twardością mięksiszu.
3. Arabinoksylany wchodzące w skład preparatu Naxus, mimo znacznie mniejszej masy cząsteczkowej niż arabinoksylany żytnie, jak również białko w postaci mieszaniny albuminy jaja kurzego i pszennego glutenu witalnego, zastosowane w wymienionych proporcjach do sporządzenia zakwaszonego ciasta oraz podane warunki wypieku prowadzą do uzyskania produktu finalnego w dużym stopniu zbliżonego do chleba żytniego.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2012-2014 jako projekt badawczy Iuventus Plus - IP2011 005571.

Literatura

- [1] AOAC. Official methods of analysis. 18th edn. Gaithersburg Association of Official Analytical Chemists International 2006.
- [2] Biliaderis C.G., Izydorczyk M.S.: Functional food carbohydrates, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2007.
- [3] Binder M., Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Jankowska M., Chojnacka E.: Charakterystyka składu frakcyjnego i właściwości reologicznych białka wypełniającego ziarna żyta. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, **6 (79)**, 67-78.
- [4] Buksa K., Nowotna A., Gambuś H.: Wpływ dodatku preparatu pentozanowego na właściwości ciasta i chleba z mąki żytniej. Acta Agrophysica, 2012, **19 (1)**, 7-18.
- [5] Buksa K., Nowotna A., Praznik W., Gambuś H., Ziobro R., Krawontka J.: The role of pentosans and starch in baking of wholemeal rye bread. Food Res. Int., 2010, **43**, 2045-2051.

- [6] Buksa K., Ziobro R., Nowotna A., Praznik W., Gambuś H.: Characteristics of water soluble arabinoxylan preparation obtained using laboratory method. *Eur. Food Res. Technol.*, 2012, **235** (3), 385-395.
- [7] Bushuk W.: *Rye: Production, Chemistry, and Technology*. Second Edition, AAOCC St. Paul, Minnesota, 2001.
- [8] Courtin C.M., Delcour J.A.: Arabinoxylans and Endoxylanases in Wheat Flour Breadmaking. *J. Cereal Sci.*, 2002, **35**, 225-243.
- [9] Dervilly G., Saulnier L., Roger P., Thibault J.-F.: Isolation of homogeneous fractions from wheat water-soluble arabinoxylans. Influence of the structure on their macromolecular characteristics. *J. Agric. Food. Chem.*, 2000, **48**, 270-278.
- [10] Fik M.: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego świeżości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **2** (39), 5-22.
- [11] Graveland A., Bosveld P., Lichtendonk W.J., Moonen H.H.E., Scheepstra A.: Extraction and fractionation of wheat flour proteins. *J. Sci. Food Agric.*, 1982, **33**, 1117-1128.
- [12] Jankiewicz M.: The protein complex of bread dough as an interacting system. *Nahrung*, 1975, **19**, 775-783.
- [13] Kühn M.C., Grosch W.: Baking functionality of reconstituted rye flours having different nonstarchy polysaccharide and starch contents. *Cereal Chem.*, 1989, **66**, 149-154.
- [14] Morrison W., Laignelet B.: An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *J. Cereal Sci.*, 1983, **1**, 9-20.
- [15] Patelski P., Dziekońska U.: Wpływ selenianu(IV) sodu na wzrost i aktywność fermentacyjną drożdży piekarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **3** (82), 132-142.
- [16] PN-EN ISO 3947:2001. Skrobie naturalne i zmodyfikowane. Oznaczanie całkowitej zawartości tłuszczu.
- [17] PN-ISO 11036:1999. Analiza sensoryczna. Metodologia. Profilowanie tekstury.
- [18] Pomeranz Y.: *Modern cereal science and technology*. VCH Publishers Inc., 1987.
- [19] Surówka K., Maciejaszek I.: Oddziaływania białkowo-polisacharydowe i ich praktyczne wykorzystanie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **4** (53), 17-35.
- [20] Tester R.F., Morrison W.: Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effect of amylopectin, amylose and lipids. *Cereal Chem.*, 1990, **67** (6), 551-557.
- [21] Vidmantiene D., Juodeikiene G.: Endoxylanase and endoxylanase inhibition activities in the grain of winter rye cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2010, **97**, 3-10.
- [22] Vinkx C.J.A., Delcour J.A.: Rye (*Secale cereale* L.) Arabinoxylans: A critical review. *J. Cereal Sci.* 1996, **24**, 1-14.

COMPOSING RYE FLOUR TO BAKE MODEL RYE BREADS BY DIRECT METHOD

S u m m a r y

The objective of the research study was to compose the model rye flour consisting of isolated rye starch, a commercially available wheat arabinoxylan preparation, and protein (a mixture of ovalbumin and commercially available wheat vital gluten) and to establish the conditions of fermentation and baking of model rye breads using a direct method.

Based on the research results, the blend selected to make dough for model rye breads consisted of: 83 % of rye starch, 6 % of wheat arabinoxylan preparation (Naxus), and 6 % of a mixture of albumin and gluten (at a 7:3 ratio). It was determined that this blend could be regarded as a model rye flour; the follow-

ing technological additives were added to it: 1.5 % of salt, 1 % of sucrose, 2.5 % of yeast, and 1 M lactic acid solution in the amount necessary to reach pH = 4.3. The dough was made in a farinograph mixer; the consistency of the ready dough was 150 BU. The dough fermented in the pans placed in a fermentation chamber at 35 °C for 60 min.; next, breads were baked in an oven at 230 °C for 20 min.

Owing to the arabinoxylans contained in the Naxus preparation (their molecular mass was significantly lower than that of a typical rye arabinoxylans) and to the protein added at the above mentioned ratio, it was possible to bake a product that was, to a high degree, similar to rye bread.

Key words: arabinoxylans, rye starch, albumin, vital gluten, model breads ☒

HELENA PANFIL-KUNCEWICZ, ANNA LIS, MONIKA MAJEWSKA

WPŁYW OPAKOWAŃ AKTYWNYCH NA TRWAŁOŚĆ MIKROBIOLOGICZNĄ I CECHY SENSORYCZNE SERÓW TWAROGOWYCH

Streszczenie

W pracy zastosowano absorbery tlenu (AP – *active packaging*) do pakowania serów twarogowych. Materiał porównawczy stanowiły sery pakowane w MAP (*modified atmosphere packaging*) i sery kontrolne pakowane w powietrzu. Zapakowane próbki przechowywano przez 7, 14 i 21 dni w warunkach chłodniczych. W opakowaniach twarogów świeżych i przechowywanych oznaczono skład atmosfery, a próbki serów poddano analizie mikrobiologicznej i ocenie sensorycznej. Oznaczono liczbę bakterii z grupy coli oraz liczbę drożdży i pleśni. Wykazano, że w całym okresie przechowywania zawartość tlenu w AP i MAP była bardzo mała i wahała się od 0,00 % w opakowaniach z absorberem tlenu do 0,76 % w opakowaniach MAP. Pochłaniacze tlenu skutecznie obniżały zawartość tlenu w opakowaniach serów twarogowych do ilości śladowych. Wyniki analizy mikrobiologicznej serów kwasowych jednoznacznie wskazują, że pakowanie w atmosferze 100 % CO₂ najskuteczniej hamowało rozwój badanych grup drobnoustrojów, przedłużając ich trwałość do 21 dni. Pakowanie aktywne pozwoliło na utrzymanie w normie liczby drobnoustrojów jedynie do 14. dnia. Podobne zależności zaobserwowano w ocenie cech sensorycznych twarogów metodą stopniowania.

Słowa kluczowe: sery twarogowe, trwałość, modyfikowana atmosfera, pakowanie aktywne, absorbery tlenu

Wprowadzenie

Sery twarogowe należą do grupy wyrobów mleczarskich charakteryzujących się krótką trwałością z uwagi na: skład chemiczny, obecność aktywnej mikroflory kwaszającej oraz wysoką aktywność wody [19]. Trwałość serów może ulec zmniejszeniu na skutek rozwoju mikroflory zanieczyszczającej pochodzącej z surowca lub reinfekcji [4, 13]. Jakość przechowalniczą serów twarogowych można wydłużyć przez zachowanie

Prof. dr hab. H. Panfil-Kuncewicz, mgr inż. A. Lis, mgr inż. M. Majewska, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Ocza-powskiego 7, 10-719 Olsztyn. Kontakt: panfil@uwmedu.pl

higienicznych warunków podczas procesu produkcji, dobór odpowiednich opakowań oraz chłodnicze warunki przechowywania [28].

Jednym z ważniejszych czynników ograniczających trwałość twarogów jest obecność tlenu w opakowaniach tych produktów. Gaz ten stymuluje rozwój drobnoustrojów tlenowych w twarogach, powoduje utlenianie jego składników, a przez to zmienia cechy sensoryczne oraz wartość odżywczą. Usunięcie tlenu z opakowań jest jednym z nadrzędnych celów nowoczesnego pakowania żywności, w tym również twarogów [19, 29]. Można to osiągnąć w pakowaniu próżniowym i pakowaniu w modyfikowanej atmosferze. Obie metody są stosowane z powodzeniem do pakowania serów dojrzewających i twarogowych [16, 17, 19].

Innowacyjnym sposobem modyfikacji atmosfery jest pakowanie aktywne (AP), które obejmuje interakcje pomiędzy składnikami elementu aktywnego (np. z substancją aktywną zamkniętą w saszetkach) i wewnętrzną atmosferą gazową opakowania, modyfikując ją w korzystnym dla produktu kierunku. W krajach zachodnich metody te wdrażane są do pakowania produktów mleczarskich [5, 10, 14].

Całkowite usunięcie tlenu z opakowań nie jest praktycznie możliwe. Celowi temu służą absorbery tlenu, których działanie polega na utlenieniu takich substancji, jak: żelazo, kwas askorbinowy, pirokatechina, nienasycone kwasy tłuszczowe lub zastosowanie enzymatycznych katalizatorów utleniania. Absorbery powinny pochłaniać tlen z opakowania do wartości poniżej 0,01 % i utrzymać ten poziom podczas dystrybucji oraz przechowywania produktów. W efekcie okres trwałości tak zapakowanych produktów może być dłuższy [5, 29].

W niektórych produktach spożywczych usunięcie tlenu wydaje się wystarczające do przedłużenia ich trwałości i w takich przypadkach możliwe jest samodzielne zastosowanie absorberów tlenu bez uprzedniej modyfikacji atmosfery w opakowaniach (np. wprowadzenie działającego bakteriostatycznie i bakteriobójczo ditlenku węgla).

Celem pracy była ocena wpływu zastosowanych absorberów tlenu do pakowania serów twarogowych i określenie ich trwałości.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły sery twarogowe kwasowe, półtłuste, pochodzące od losowo wybranego producenta, zakupione w terminie jednego do dwóch dni od daty produkcji. Po dostarczeniu do laboratorium Katedry Mleczarstwa i Zarządzania Jakością w Olsztynie sery dzielono na porcje ok. (150 ± 20) g i pakowano trzema różnymi metodami: w atmosferze powietrza (próba kontrolna); aktywnie (w atmosferze powietrza modyfikowanej za pomocą absorberów tlenu FT 210 w formie saszetek, firmy ATCO) – AP; w atmosferze modyfikowanej tradycyjnie (100 % CO₂) – MAP. Do pakowania serów wymienionymi sposobami używano woreczków z folii barierowej PA//PA//PE/PE-EVA o grubości 70 µm i pojemności ok. 500 cm³, a zamknięcia

dokonywano za pomocą pakowarki jednokomorowej Multivac C300. Zapakowany ser twarogowy przechowywano w warunkach chłodniczych ($6 \pm 0,5$ °C) przez 21 dni. Analizom poddawano próbki sera świeżego oraz po 7, 14 i 21 dniach przechowywania. Łącznie przebadano 3 partie produkcyjne wyrobu z ogólną liczbą 90 kostek sera twarogowego. Wyniki poszczególnych analiz przedstawiono jako wartość średnią z trzech partii sera. Zarówno w serach świeżych, jak i przechowywanych oznaczano zawartość gazów w opakowaniu oraz przeprowadzono analizę mikrobiologiczną i ocenę sensoryczną.

Zawartość gazów w opakowaniu [%]

W opakowaniach różnych wariantów sera kwasowego każdorazowo oznaczano zawartość atmosfery w opakowaniach (% O₂ i % CO₂, ilość azotu wyliczano z różnicy) za pomocą analizatora gazów CheckMate3 firmy PBI-Dansensor. Tok postępowania był zgodny z instrukcją aparatu. Oznaczenie składu gazów [%] w opakowaniach twarogów wykonywano w trzech powtórzeniach.

Analiza mikrobiologiczna

Badania mikrobiologiczne obejmowały oznaczenia liczby bakterii z grupy coli na podłożu pożywki agarowej z fioletem krystalicznym, czerwienią obojętną, solami żółci i laktozą (VRBL – Merck) oraz liczby żywych jednostek tworzących kolonie [jtk] drożdży i pleśni na podłożu selektywnym z ekstraktem drożdżowym, glukozą i chloramfenikolem (YGC – Merck) metodą płytkową. Przygotowanie próbek, w tym posiewy i warunki inkubacji, wykonywano zgodnie z normami: PN-93/A-86034/08 [22] oraz PN-ISO 6611:2007 [25].

Ocena sensoryczna

Sery twarogowe oceniano sensorycznie z zastosowaniem 5-punktowej skali ocen. Kryteria ocen i wyróżniki ustalano w wyniku dyskusji oraz weryfikacji [3, 23, 24] i przedstawiono w tab. 1. Do analitycznej charakterystyki badanego produktu zastosowano metodę stopniowania, w której uwzględniono 5 jednostkowych wyróżników jakościowych, w tym wyróżniki barwy, wyglądu zewnętrznego/przekroju, struktury i konsystencji, zapachu oraz smaku zgodnie z zasadami ww. metody. Oceny próbek zakodowanych dokonywał pięcioosobowy zespół oceniający przeszkolony i doświadczony w wykonywaniu analiz sensorycznych metodą stopniowania w odniesieniu do oceny serów twarogowych.

Analiza statystyczna

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą arkusza kalkulacyjnego Excel 2007. Uzyskane wyniki oszacowano z zastosowaniem dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Tabela 1. Wyróżniki jakości sera i przypisane im współczynniki ważkości (metoda stopniowania).

Table 1. Parameters of tvorog cheese quality and weight coefficients ascribed to them (grading method).

Wyróżniki jakości Quality parameters	Współczynniki ważkości W_w Coefficient of significance	Ocena [pkt] / Assessment [scores]				
		5	4	3	2	1
Barwa Colour	0,15	Biała do lekko kremowej, jednolita w całej masie	Biała do lekko kremowej z niewielkimi przebarwieniami	Kremowa z niewielkimi przebarwieniami	Kremowa z odcieniem żółtego, z przebarwieniami	Żółta z licznymi przebarwieniami
Wygląd zewnętrzny przekroju External Appearance of cross-section	0,15	Dopuszczalne niewielkie, nieliczne szczeliny	Wyraźne szczeliny międzyziarnowe	Wyraźne szczeliny międzyziarnowe małe nieliczne pęknięcia	Duże nieliczne szczeliny i liczne niewielkie pęknięcia	Bardzo duże, liczne szczeliny i pęknięcia
Struktura i konsystencja Structure and consistency	0,25	Jednolita, zwarta, brak ziarnistości	Jednolita, zwarta, lekko ziarnista	Jednolita, mało zwarta, lekko krucha i lekko ziarnista	Jednolita, krucha lub lekko mazista, ziarnista	Niejednolita mazista lub bardzo krucha, rozpadająca się
Zapach Smell	0,20	Czysty, aromatyczny, łagodny, lekko kwaśny	Czysty, mało aromatyczny, łagodny, lekko kwaśny, bez obcych zapachów	Nieznaczne odchylenia od typowego zapachu, kwaśny	Wyczuwalny obcy zapach	Nieczysty, nieprzyjemny (sfermentowany), silnie wyczuwalny obcy zapach
Smak Taste	0,25	Czysty, łagodny, aromatyczny, lekko kwaśny, posmak pasteryzacji	Czysty, mało aromatyczny, łagodny, lekko kwaśny, lekki posmak pasteryzacji, bez obcych posmaków	Nieznaczne odchylenia od typowego smaku, kwaśny	Nieczysty, z obcym posmakiem	Nieczysty, nieprzyjemny (sfermentowany), gorzki, silnie wyczuwalny obcy posmak
Ogółem Total	$\Sigma = 1$					

Wyniki i dyskusja

Skład atmosfery w opakowaniach badanych serów był zróżnicowany zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania (tab. 2). Najwięcej tlenu po 24 h od zapakowania stwierdzono w próbkach kontrolnych – średnio 18,37 %. W miarę upływu czasu przechowywania ilość tlenu w opakowaniach próbek kontrolnych zmniejszała się i po 7, 14 i 21 dniach wynosiła odpowiednio [%]: 14,45, 8,16 i 4,84.

Tabela 2. Skład atmosfery w opakowaniach serów twarogowych zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania
Table 2. Composition of inner atmosphere in packages of tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.

Metoda pakowania Method of packaging	Zawartość gazów [%] / Content of gases [%] ($\bar{x} \pm s / SD$)											
	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂
	1 dzień			7 dni			14 dni			21 dni		
Próba kontrolna Control sample	18,37 ± 0,39	9,71 ± 1,37	71,78 ± 0,97	14,45 ± 1,15	16,25 ± 2,30	69,30 ± 1,78	8,16 ± 3,44	23,25 ± 3,93	68,59 ± 2,03	4,84 ± 4,54	28,15 ± 6,66	67,01 ± 3,56
AP Active Packaging	0,07 ± 0,04	3,89 ± 0,92	96,04 ± 0,94	0,00 ± 0,00	1,85 ± 0,94	98,15 ± 0,94	0,01 ± 0,02	0,88 ± 0,48	99,11 ± 0,47	0,00 ± 0,00	1,83 ± 0,92	98,17 ± 0,92
MAP Modified Atmosphere Packaging	0,28 ± 0,13	98,14 ± 0,96	1,58 ± 0,89	0,42 ± 0,26	95,95 ± 2,38	3,63 ± 2,13	0,76 ± 0,54	93,42 ± 3,15	5,82 ± 2,78	0,43 ± 0,30	96,25 ± 2,73	3,32 ± 2,44
Wyniki statystyczne / Statistical results												
Rodzaj gazu Type of gas		Metoda pakowania Method of packaging				Czas przechowywania Storage period						
Tlen / Oxygen		*				*						
Ditlenek węgla Carbon dioxide		*				*						
Azot Nitrogen		*				*						

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s / SD$ – wartość średnia ± odchylenie standardowe/ mean value ± standard deviation;

* – różnice statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,05$ / statistically significant differences at $p \leq 0.05$.

Wraz ze zmniejszaniem zawartości tlenu wzrastała ilość ditlenku węgla w atmosferze opakowań od 9,71 % po 24 h do 16,25, 23,25 i 28,15 % odpowiednio po: 7, 14

i 21 dniach. Zmiany zawartości azotu były niewielkie: od 71,78 % po jednym dniu do 67,01 % po 21 dniach przechowywania.

W atmosferze próbek pakowanych z absorberem tlenu ilości tego gazu były śladowe – od 0,00 do 0,07 %. Zawartość ditlenku węgla po 24 h przechowywania wzrosła (w porównaniu z jego zawartością w powietrzu) do 3,89 %, a następnie wahała się od 0,88 % po 14 dniach do 1,85 % po 7 dniach. Zawartość azotu mieściła się w przedziale od 96,40 % po 24 h do 99,11 % po 14 dniach, praktycznie więc próbki twarogów pakowane były w atmosferze azotu.

Zawartość tlenu w opakowaniach z modyfikowaną atmosferą wahała się od 0,28 do 0,76 %, ilość ditlenku węgla – od 93,42 do 98,14 %, a zawartość azotu – od 1,58 do 5,82 %.

Analiza statystyczna uzyskanych wyników potwierdziła zależność pomiędzy metodą pakowania i czasem przechowywania a zawartością poszczególnych gazów w opakowaniach (tab. 2).

Tabela 3. Liczba bakterii z grupy coli w serach twarogowych zależnie od sposobu pakowania i czasu przechowywania.

Table 3. Count of bacteria from coliform group in tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.

Metoda pakowania Method of packaging	Bakterie z grupy coli [log jtk/g] Bacteria from coliform group [log cfu/g]			
	0	7	14	21
Próba kontrolna Control sample	< 1	< 1	< 1	< 1
AP Active Packaging	< 1	< 1	< 1	< 1
MAP Modified Atmosphere Packaging	< 1	< 1	< 1	< 1
Wyniki statystyczne / Statistical results				
Parametr / Parameter	Metoda pakowania Method of packaging		Czas przechowywania Storage period	
Bakterie z grupy coli Bacteria from coliform group	NS		NS	
Drożdże / Yeast	*		NS	
Pleśnie / Moulds	*		*	

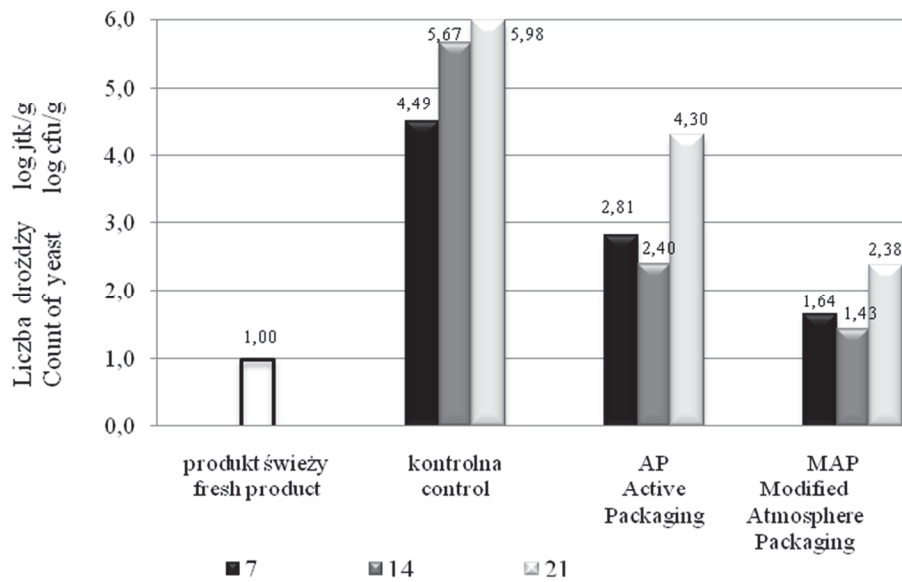
NS – brak statystycznie istotnych różnic na poziomie $p \leq 0,05$ / no statistically significant differences at $p \leq 0.05$. Pozostałe objaśnienia jak w tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab. 2.

Oceny trwałości pakowanych twarogów dokonano na podstawie oznaczenia bakterii z grupy coli oraz drożdży i pleśni. Obecność bakterii coli jest miarą jakości higienicznej serów twarogowych, a drożdże i pleśnie są najczęstszą przyczyną psucia się mikrobiologicznego twarogów. Zarówno w serach świeżych, jak i przechowywanych oznaczono pojedyncze komórki bakterii z grupy coli, co świadczy o wysokiej jakości higienicznej badanych serów (tab. 3). Dobrą jakość twarogów przeznaczonych do badań potwierdziło również ich małe zanieczyszczenie drożdżami i pleśniami. Liczba drożdży w produktach świeżych wynosiła średnio 1,00 log jtk/g (rys. 1). Podczas przechowywania, w próbkach kontrolnych pakowanych w atmosferze powietrza, nastąpił dość istotny przyrost liczby tych drobnoustrojów. Po 7, 14 i 21 dniach przeciętna liczba drożdży w twarogach wyniosła kolejno [log jtk/g]: 4,49, 5,67 i 5,98. W próbkach twarogów pakowanych z absorberem tlenu przyrost liczby drożdży był wolniejszy i w analogicznych przedziałach czasowych liczba komórek była równa średnio [log jtk/g]: 2,81, 2,40 i 4,30. W próbkach tych wymagania normy odnośnie do liczby drożdży przekroczone zostały po 21 dniach przechowywania. Pakowanie twarogów w atmosferze 100-procentowego CO₂ najskuteczniej hamowało rozwój drożdży w twarogach. Po 21 dniach przechowywania liczba komórek drożdży w tych serach wynosiła przeciętnie 2,38 log jtk/g. Atmosfera ditlenku węgla również hamująco oddziaływała na rozwój pleśni. Do 14 dni przechowywania liczba pleśni w próbkach (100 % CO₂) była taka, jak w twarogach świeżych – (0,82 i 1,12) log jtk/g po 7 i 14 dniach (rys. 2). Po 21 dniach uległa ona tylko nieznacznemu zwiększeniu do 1,64 log jtk/g. Pakowanie aktywne, podobnie jak w przypadku drożdży, hamowało przyrost pleśni do 14 dni przechowywania. Po 21 dniach liczba pleśni w próbkach pakowanych z absorberem tlenu znacznie przekroczyła wymagania normy i wynosiła 3,70 log jtk/g.

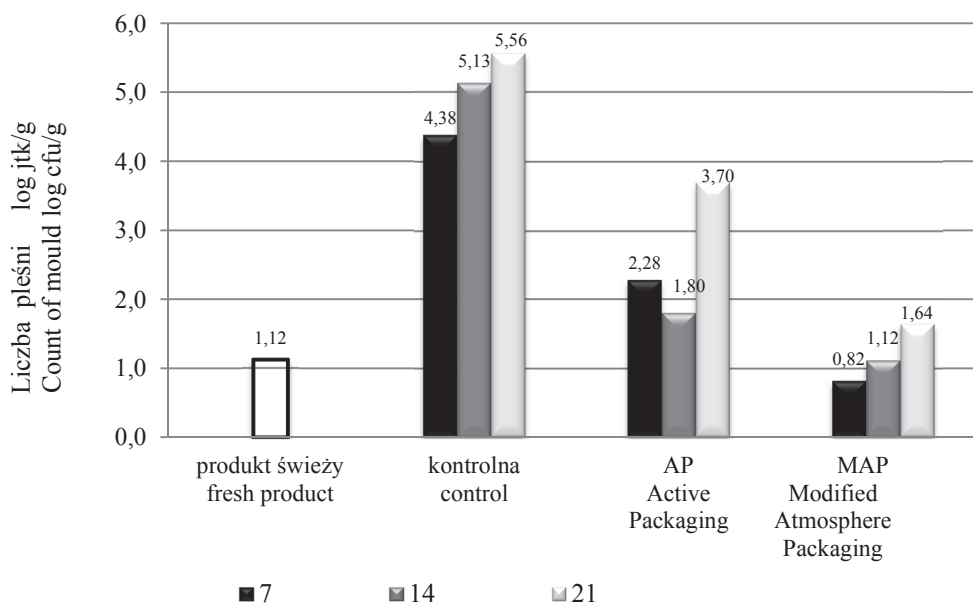
Największe przyrosty liczby pleśni stwierdzono w próbkach kontrolnych, w których bardzo wysoką i niezgodną z normą liczbę komórek tych drobnoustrojów stwierdzono już po 7 dniach przechowywania – 4,38 log jtk/g (rys. 2).

Na poziomie istotności $p \leq 0,05$ nie wykazano statystycznie istotnych zależności pomiędzy metodą pakowania i czasem przechowywania a liczbą bakterii z grupy coli (tab. 3). Metoda pakowania miała statystycznie istotny wpływ na liczbę drożdży. W przypadku pleśni stwierdzono natomiast statystycznie istotny wpływ zarówno metody pakowania, jak i czasu przechowywania na liczbę tych komórek w twarogach (tab. 3).

Konsekwencją zróżnicowania składu atmosfery i wywołanych tym zmian liczby drobnoustrojów w twarogach podczas przechowywania były zmiany cech sensorycznych tych produktów. Świeżym serom twarogowym przypisano wysoką ocenę ogólną, wynoszącą średnio 4,58 pkt (w skali od 1 - 5 pkt), dzięki czemu zakwalifikowano je, według ustalonych norm jakości [21], do klasy I (tab. 4).



Rys. 1. Liczba drożdży w twarogach zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania.
 Fig. 1. The count of yeast in tvorog cheese depending on packaging method and storage time.



Rys. 2. Liczba pleśni w twarogach zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania.
 Fig. 2. Count of moulds in tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.

Tabela 4. Wyniki oceny sensorycznej sera twarogowego zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania.

Table 4. Results of sensory analysis of tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.

Wyróżniki jakości Quality parameters	Produkt świeży Fresh product	Próba kontrolna Control sample			AP Active Packaging			MAP Modified Atmosphere Packaging		
	0	7	14	21	7	14	21	7	14	21
	Miara statystyczna / Statistical measure ($\bar{X} \pm s / SD$)									
Barwa Colour	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$
Wygląd zewn. przekroju External appearance of cross-section	4,53 $\pm 0,50$	5,00 $\pm 0,00$	4,87 $\pm 0,34$	4,60 $\pm 0,49$	4,87 $\pm 0,34$	4,67 $\pm 0,47$	4,67 $\pm 0,47$	4,87 $\pm 0,34$	4,73 $\pm 0,44$	4,67 $\pm 0,47$
Struktura i konsystencja Structure and consistency	4,20 $\pm 0,40$	3,27 $\pm 0,85$	4,20 $\pm 0,44$	3,33 $\pm 0,47$	3,33 $\pm 0,79$	3,73 $\pm 0,44$	3,53 $\pm 0,50$	3,27 $\pm 0,68$	4,00 $\pm 0,63$	3,47 $\pm 0,72$
Zapach Smell	4,67 $\pm 0,47$	4,73 $\pm 0,44$	4,20 $\pm 0,75$	2,87 $\pm 0,62$	4,73 $\pm 0,44$	4,60 $\pm 0,49$	3,80 $\pm 0,40$	4,80 $\pm 0,40$	4,53 $\pm 0,50$	4,00 $\pm 0,63$
Smak Taste	4,67 $\pm 0,47$	4,20 $\pm 0,40$	3,87 $\pm 0,72$	2,67 $\pm 0,47$	4,27 $\pm 0,44$	3,93 $\pm 0,57$	3,33 $\pm 0,47$	4,27 $\pm 0,40$	4,07 $\pm 0,68$	3,80 $\pm 0,54$
Ocena ogólna Overall assessment	4,58	4,31	4,34	3,51	4,33	4,29	3,93	4,33	4,38	4,07
Wyniki statystyczne / Statistical results										
Czynnik Factor	Parametr / Parameter									
	Barwa Colour	Wygląd zewn. przekroju External appearance of cross-section	Struktura i konsystencja Structure and consistency	Zapach Smell	Smak Taste					
Metoda pakowania Method of packaging	NS	NS	NS	*	*					
Czas przechowywania Storage period	NS	*	*	*	*					

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Ogólna jakość sensoryczna serów obniżała się w miarę upływu czasu ich przechowywania. Do 14 dni przechowywania ocena punktowa wszystkich produktów pakowanych różnymi metodami była podobna. Pod koniec okresu przechowywania (po 21 dniach) próbki pakowane w MAP metodą „tradycyjną” oceniono najwyżej – ocena ogólna: 4,07 pkt, pakowane aktywnie: 3,93 pkt, a najniżej oceniono próbki pakowane w atmosferze powietrza – 3,51 pkt (tab. 4).

Wykazano, że zarówno metoda pakowania, jak i czas przechowywania nie miały wpływu na barwę twarogu, która przez cały czas składowania próbek była biała z odcieniem kremowym i jednolita w całej masie. Czas przechowywania wywierał statystycznie istotny wpływ na wygląd twarogu oraz strukturę i konsystencję badanych produktów. W przypadku oceny zapachu i smaku badanych próbek analiza statystyczna wykazała istnienie interakcji, czyli istotny wpływ dwóch czynników (tj. metody pakowania i czasu przechowywania) na badane zmienne zależne w analizie wariancji (tab. 4). Wysoka aktywność niepożądanego mikroflory w próbkach sera pakowanego w powietrzu przyczyniła się do znacznego pogorszenia smaku i zapachu tych produktów. Pod koniec przechowywania wyczuwalny był obcy, nieczysty zapach oraz znaczne odchylenia od typowego smaku – obcy, kwaśny posmak. Porównując między sobą sposoby modyfikacji atmosfery w opakowaniach, zaobserwowano podobne zmiany zapachu do 14 dni przechowywania. Istotne różnice na korzyść próbek pakowanych w MAP wystąpiły po 21 dniach przechowywania (smak czysty, łagodny, lekko kwaśny, bez obcych posmaków).

Na podstawie uzyskanych wyników można powiedzieć, że decydujący wpływ na trwałość twarogów wywierał skład atmosfery w opakowaniach. Najefektywniejsze w hamowaniu mikroflory zanieczyszczającej (liczby coli, drożdży i pleśni) w twarogach okazało się wykorzystanie w pakowaniu atmosfery modyfikowanej metodą tradycyjną (usunięcie powietrza i wprowadzenie gazu obojętnego, w tym przypadku 100-procentowego CO₂). Uważa się, że w przypadku pakowania żywności próżniowo i w modyfikowanej atmosferze najważniejsze jest wyeliminowanie tlenu z opakowań. Na podstawie wyników badań wykazano, że w przypadku serów twarogowych taki zabieg nie był wystarczający do przedłużenia trwałości tych produktów. Zastosowane absorbery tlenu skutecznie usuwały ten gaz z opakowań podczas całego okresu przechowywania. Nie hamowało to jednak całkowicie rozwoju drożdży i pleśni w tych opakowaniach. Okazało się, że do istotnego zahamowania rozwoju drobnoustrojów ważna jest obecność w atmosferze opakowania ditlenku węgla, który wykazuje bakteriostatyczne i grzybobójcze działanie, m.in. w stosunku do tych drobnoustrojów.

Na takie działanie ditlenku węgla zwraca uwagę wielu autorów. Alves i wsp. [1] przy zastosowaniu ditlenku węgla powyżej 50 % w atmosferze zaobserwowali bakteriobójczy wpływ tego gazu, przy czym rozwój drożdży i pleśni był hamowany w atmosferze 100-procentowego CO₂. Elliot i wsp. [9] zastosowali stężenia CO₂ powyżej

50 % do pakowania tartego sera mozzarella, dzięki czemu obniżyli liczbę drożdży w produkcie poniżej 1 log jtk/g. Hamujący wpływ tego związku na rozwój drożdży i pleśni w twarogach autorzy niniejszej pracy wykazali we wcześniejszych badaniach [16, 17, 18]. Podobne rezultaty przy zastosowaniu wyższych stężeń CO₂ (powyżej 50 %) uzyskali inni autorzy w przypadku różnych rodzajów sera, w tym: Cameros [11], Requeijao [26, 27], Anthotyros [20]. Dermiki i wsp. [6] również zaobserwowali hamujący efekt ditlenku węgla na mikroflorę tlenową pakowanego sera „Myzithra Kalathaki”. Ser ten, podobnie jak twaróg, jest podatny na mikrobiologiczne psucie się ze względu na m.in. dużą aktywność wody, niskie stężenie soli oraz pH bliskie 6.

Atmosfera (40 % CO₂, 60 % N₂) oraz (60 % CO₂, 40 % N₂) całkowicie hamowała wzrost liczby drożdży i pleśni przez 45 dni przechowywania oraz efektywnie hamowała wzrost psychrotrofów aerobowych do 33. dnia przy udziale 40 % CO₂ oraz do 40. dnia w atmosferze 60 % CO₂ [6]. Podobnie w serach Anthotyros oraz Cameron pakowanych w MAP przy koncentracji CO₂ powyżej 60 % obserwowano zmniejszenie liczby *E. coli* podczas przechowywania [2, 11, 20].

Trwałość twarogów dotyczy nie tylko zmian mikrobiologicznych w tych produktach. Podczas przechowywania w twarogu następują zmiany fizykochemiczne, których w niniejszej pracy jednak nie badano. Wynikiem jednych i drugich są zmiany jakości sensorycznej twarogów. Atmosfera ditlenku węgla pozwoliła na zachowanie niezmiennych cech sensorycznych twarogów podczas całego okresu ich przechowywania. Podobne wyniki uzyskali Maniar i wsp. [12], którzy wykazali, że 100-procentowa atmosfera CO₂ była najbardziej skuteczna w utrzymaniu pożądanych właściwości sensorycznych serka cottage przechowywanego przez 28 dni w temperaturze chłodniczej. Gonzalez-Fandos i wsp. [11] oraz Olarte i wsp. [15], badali ser Cameros i wykazali, że zawartości ditlenku węgla (40 i 50 % CO₂) w atmosferze były wystarczające do zapewnienia dobrych cech sensorycznych pakowanych serów. Autorzy podają, że wysokie stężenie CO₂ (100 %) miało negatywny wpływ na jakość sensoryczną sera, przy czym Olarte i wsp. [15] twierdzą, że 100-procentowa atmosfera CO₂ negatywnie wpływa jedynie na smak i teksturę sera, a nie wpływa na barwę i zapach. Jest to zgodne z wynikami, jakie uzyskali Alves i wsp. [1], którzy pakując plasterkowany ser mozzarella zauważyli korzystny wpływ obecności CO₂ na smak sera. Dermiki i wsp. [6] podczas badań smaku i zapachu zapakowanego sera Myzithra, przechowywanego przez 45 dni, zaobserwowali, że próbki pakowane w powietrzu po 15 dniach przechowywania zostały zdyskwalifikowane, natomiast odpowiednie właściwości sensoryczne wykazywały sery pakowane w atmosferze: (20 % CO₂, 80 % N₂) – do 20. dnia, (40 % CO₂, 60 % N₂) do – 26. dnia oraz (60 % CO₂, 20 % N₂) – do 30. dnia przechowywania.

W niniejszych badaniach, niezależnie od sposobu pakowania, barwa serów twarogowych była niezmienna przez cały okres przechowywania. Identyczne spostrzeżenia odnośnie barwy uzyskali autorzy badający ser cottage i sery twarogowe [7, 8, 30].

Śmietana i wsp.[30] oraz Dmytrów i wsp. [7, 8] uważają, że twarogi charakteryzują się wysoką stabilnością cech sensorycznych podczas przechowywania. Zdaniem tych autorów wygląd zewnętrzny sera nie ulega zmianie podczas przechowywania, natomiast zmienia się smak oraz zapach.

W badaniach przeprowadzonych w niniejszej pracy do modyfikacji atmosfery wewnątrz opakowania wykorzystano absorbery tlenu, które bardzo szybko i skutecznie usuwały ten gaz z opakowań. Absorbery tlenu polecane są do usuwania resztek tlenu z opakowań z modyfikowaną atmosferą. Wyniki badań tej pracy wykazały, że mogą one być również wykorzystane samodzielnie do modyfikacji atmosfery w opakowaniach. Jak wskazują bowiem uzyskane wyniki, hamowały one rozwój drożdży i pleśni w twarogach przez 14 dni. Wymaga to jednak dalszych poszerzonych badań wpływu atmosfery z blisko 100-procentową zawartością azotu na rozwój innych grup drobnoustrojów obecnych w twarogach. Wydaje się, że pochłaniacze tlenu będą mogły być stosowane do modyfikacji atmosfery produktów szczególnie czułych na utlenianie lub też wspólnie z emiterami, do hamowania procesów utleniania i do równoczesnego hamowania rozwoju drobnoustrojów w serach i w wielu innych produktach spożywczych.

Wnioski

1. Metody pakowania serów twarogowych wpłynęły na zróżnicowanie składu atmosfery w tych opakowaniach.
2. Skład atmosfery w opakowaniach determinował trwałość serów twarogowych.
3. Największą trwałością wyróżniały się twarogi pakowane w 100-procentowy CO₂, najmniejszą – pakowane w atmosferze powietrza.
4. Absorbery tlenu skutecznie usuwały ten gaz z opakowań twarogów, nie było to jednak równoznaczne z wyraźnym hamowaniem rozwoju badanych drobnoustrojów w serach.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr NN 312 202539 finansowanego przez MNiSzW.

Literatura

- [1] Alves R.M.V., Sarantopoulos C.I.G.L., van Dender A.G.F., Faria J.A.F.: Stability of sliced mozzarella cheese in modified-atmosphere packaging. *J. Food Protection*, 1996, **59**, 838-844.
- [2] Arvanitoyannis I.S., Kargaki G.K., Hadjichristodoulou Ch.: Effect of three MAP compositions on the physical and microbiological properties of a low fat Greek cheese known as "Anthotyros". *Anaerobe*, 2011, **17(6)**, 295-297.
- [3] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności. Podstawy – metody- zastosowania*. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2009.

- [4] Conte A., Gammariello D., Di Giulio S., Attanasio M., Del Nobile M.A.: Active coating and modified-atmosphere packaging to extend the shelf life of Fior di Latte cheese. *J. Dairy Sci.*, 2009, **92** (3), 887-894.
- [5] Dainelli D., Gontard N., Spyropoulos D., Zondervan-van den Beuken E., Tobback P.: Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends Food Sci. Technol.*, 2008, **19**, 103-112.
- [6] Dermiki M., Ntzimani A., Badeka A., Savvaidis I.N., Kontominas M.G.: Shelf-life extension and quality attributes of the whey cheese "Myzithra Kalathaki" using modified atmosphere packaging. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2008, **41** (2), 284-294.
- [7] Dmytrów I., Mituniewicz-Małek A., Dmytrów K.: Ocena wybranych wyróżników jakości serków twarogowych kwasowo-podpuszczkowych dostępnych w handlu detalicznym. *Chłodnictwo*, 2009, **1** (2), 66-73.
- [8] Dmytrów I., Mituniewicz-Małek A., Dmytrów K.: Fizykochemiczne i sensoryczne cechy sera twarogowego kwasowego wyprodukowanego z mleka koziego oraz mieszaniny mleka koziego i krowiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **2** (69), 46-61.
- [9] Eliot S.C., Vuilleumard J.C., Emond J.P.: Stability of shredded mozzarella cheese under modified atmospheres. *J. Food Sci.*, 1998, **63** (6), 1075-1080.
- [10] Floros J.D., Nielsen P.V., Farkas J.K.: Advances in modified atmosphere and active packaging with applications in the dairy industry. *Bull. Int. Dairy Fed.*, 2000, **346**, 22-28.
- [11] Gonzalez-Fandos E., Sanz S., Olarte C.: Microbiological, physicochemical and sensory characteristic of Cameros cheese packaged under modified atmospheres. *Food Microbiology*, 2000, **17**, 407-414.
- [12] Maniar A.B., Marcy J.E., Bishop J.R., Duncan S.E.: Modified atmosphere packaging to maintain direct-set cottage cheese quality. *J. Food Sci.*, 1994, **59** (6), 1305-1308.
- [13] Mannheim C.H., Soffer T.: Shelf-life extension of cottage cheese by Modified Atmosphere Packaging. *LWT - Food Sci. Technol.*, 1996, **29** (8), 767-771.
- [14] Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Murniece I., Sarvi S., Dabina-Bicka I., Kozlinskis E.: Influence of active packaging on the shelf life of soft cheese Kleo. *Foodbalt*, 2011, **2**, 193-198.
- [15] Olarte C., Gonzalez-Fandos E., Sanz S.: A proposed methodology to determine the sensory quality of a fresh goat's cheese (Cameros cheese): application to cheeses packaged under modified atmospheres. *Food Qual. Pref.*, 2001, **12** (3), 163-170.
- [16] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A.: Stability of curd cheese packaged in carbon dioxide atmosphere. *Natural Sci.*, 2000, **6**, 143-153.
- [17] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A.: Effect of packaging method on stability of curd cheeses. *Natural Sci.*, 2000, **6**, 153-163.
- [18] Panfil-Kuncewicz H., Łaniewska-Trokenheim Ł.: Pathogenic and contaminating microflora in fresh white cheeses packed with different methods and stored at low temperatures. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2006, **15/56**, 161-164.
- [19] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Juśkiewicz M.: Wybrane zagadnienia z opakownictwa żywności. Wyd. UWM w Olsztynie, Olsztyn 2012.
- [20] Papaioannou G., Chouliara I., Karatapanis A.E., Kontominas M.G., Savvaidis I.N.: Shelf-life of a Greek whey cheese under modified atmosphere packaging. *Int. Dairy J.*, 2007, **17**, 358-364.
- [21] PN-A-86300/A2:1997. Mleko i przetwory mleczarskie. Sery twarogowe niedojrzewające.
- [22] PN-93/A-86034/08. Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Bakterie z grupy coli – wykrywanie obecności, oznaczanie najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL) i oznaczanie liczby metodą płytkową.
- [23] PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.

- [24] PN-ISO 6658:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Wytyczne ogólne.
- [25] PN-ISO 6611:2007. Mleko i przetwory mleczne. Oznaczanie liczby jednostek tworzących kolonie drożdży i/lub pleśni. Metoda płytkowa w temperaturze 25 °C.
- [26] Pintado M.E., Malcata F.X.: Optimization of modified atmosphere packaging with respect to physicochemical characteristics of Requeijao. *Food Res. Int.*, 2000, **33** (10), 821-832.
- [27] Pintado M.E., Malcata F.X.: The effect of modified atmosphere packaging on the microbial ecology in Requeijao, a Portuguese whey cheese. *J. Food Proc. Preserv.*, 2000, **24** (2), 107-124.
- [28] Steinka I., Przybyłowski P.: Jakość mikrobiologiczna kwasowych serów twarogowych a metody pakowania. *Przem. Spoż.*, 1998, **11**, 47-49.
- [29] Suppakul P., Miltz J., Sonneveld K., Bigger S.W.: Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications. *J. Food Sci.*, 2003, **68** (2), 408-420.
- [30] Śmietana Z., Szpendowski J., Bohdziewicz K.: Charakterystyka tradycyjnego „polskiego twarogu” otrzymanego według własnej nowoczesnej techniki i technologii. *Przeł. Mlecz.*, 2003, **4**, 126-129.

EFFECT OF ACTIVE PACKAGING ON MICROBIOLOGICAL SHELF-LIFE AND SENSORY PARAMETERS OF TVOROG CHEESES

S u m m a r y

In the study, *active packaging* (AP) with oxygen absorbers was used to package tvorog cheeses. A comparative material consisted of MAP (*modified atmosphere packaging*) packaged cheeses and of control cheeses packaged using active packaging (AP). All the packaged samples were cold stored over a period of 7, 14, and 21 days. The composition of the atmosphere inside the package of fresh and stored tvorog cheeses was determined, and all the samples were microbiologically analyzed and sensory assessed. The counts of coliforms, yeast, and moulds were determined. It was proved that the content of oxygen was very low both in AP and in MAP throughout storage and ranged from 0.00 % in AP (with oxygen absorbers) to 0.76 % in MAP. The oxygen absorbers effectively reduced the content of oxygen to trace amounts in the packages of tvorog cheeses. The results of a microbiological analysis of tvorog cheeses clearly point out that the packaging in the atmosphere composed of 100 % of CO₂ inhibited, most effectively, the growth of the microorganism groups studied, thus, extended the shelf-life of tvorog cheeses to 21 days. The active packaging made it possible to keep the amount of microbes at a standard level only until the 14th day. Similar correlations were reported while assessing sensory attributes of tvorog cheeses using a grading approach.

Key words: tvorog cheeses, shelf-life, modified atmosphere, active packaging, oxygen absorbers ☒

JUSTYNA BATKOWSKA, ANTONI BRODAKCI

WPLYW MYCIA SKORUPY NA WYBRANE CECHY JAKOŚCI JAJ KURZYCH W CZASIE PRZECHOWYWANIA

Streszczenie

Celem pracy była ocena zmian wybranych cech jakości jaj kurzych po umyciu powierzchni skorupy z uwzględnieniem czasu przechowywania. Materiał do badań stanowiły jaja pozyskane od niosek Hy-Line Brown w 33. tygodniu ich życia. Ptaki utrzymywano w jednym budynku z dostępem do wybiegów. Jaja rozdzielano na 2 grupy, po 540 sztuk, według kryterium czystości skorupy. Grupę I uznano za kontrolną, jaja z grupy II myto w wodzie o temp. 30 °C w ciągu ok. 3 min. Wszystkie jaja, przechowywane w temp. 15 ÷ 18 °C i wilg. 50 - 70 %, zważono w dniu zniesienia oraz w 7., 14., 21., 28. dniu. Każdorazowo ustalano głębokość komory powietrznej. W 1. oraz 28. dniu z każdej grupy wybierano po 120 jaj do oceny jakości ich treści. Oceniano cechy skorupy (wytrzymałość, masę, grubość, gęstość), białka (masę, wysokość, pH) i żółtka (barwę, masę, pH). Większość analizowanych cech jaj zmieniała się podczas przechowywania. Mycie skorupy jaj nie wpłynęło na ubytek ich masy w czasie przechowywania. Zabieg ten różnicował wielkość komory powietrznej, grubość i wytrzymałość skorupy, a także nieznacznie masę i udział żółtka oraz liczbę jednostek Haugha po 28 dniach. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że zakaz mycia jaj klasy A, uzasadniany obniżaniem się ich cech jakościowych, wydaje się być nieuzasadniony.

Słowa kluczowe: mycie skorupy, chów wybiegowy, przechowywanie jaj, jakość jaj

Wprowadzenie

Mycie skorup jaj konsumpcyjnych zakwalifikowanych do klasy A jest niedozwolone w UE [10]. Praktyka ta jest możliwa w przypadku jaj klasy B z nienaruszoną i brudną powierzchnią skorupy. Głównymi przesłankami wprowadzenia regulacji prawnych były zmiany, jakie mogą zachodzić w jajach po umyciu skorupy. Naturalną zewnętrzną barierę jaja stanowi kutikula, która w czasie mycia ulega uszkodzeniu, a pory w skorupie tracą swą szczelność. Może to prowadzić do intensywniejszego pa-

rowania wody (utrata masy), jak również do gwałtownego obniżenia jakości treści jaj, łącznie z rozwojem bakterii proteolitycznych [3, 11].

W przeciwieństwie do regulacji w UE, w krajach takich, jak: Japonia, Australia i USA przepisy umożliwiają mycie skorupy jaj konsumpcyjnych, a nawet do niego zachęcają [6]. Wydaje się, że przekonanie o negatywnym wpływie tego zabiegu na jakość jaj wynika z nieprawidłowego obchodzenia się z nimi już po tej czynności. Dokładne suszenie jaj przed pakowaniem, brak gwałtownego schładzania oraz ewentualne pokrywanie skorup olejem pozwala na utrzymanie prawidłowych właściwości fizykochemicznych jaj [1].

Mycie jaj staje się ważnym zagadnieniem w aspekcie alternatywnych, w stosunku do klatkowego, systemów chowu niosek, tj. utrzymania ptaków na ściółce lub z dostępem do wybiegów. Skorupa jaja nierzadko ulega zabrudzeniu poprzez kontakt z pomiotem lub z podłożem na wybiegu, a do jej oczyszczenia nie wystarczy przetarcie suchą ściereczką i konieczne jest umycie w wodzie. Jaja takie, mimo że są surowcem pełnowartościowym, zalicza się do klasy B i przeznaczają do przetwórstwa spożywczego. Powoduje to straty ekonomiczne dla hodowcy, który musi sprzedać pozyskane jaja po niższej cenie. W tej sytuacji znaczenia nabiera zróżnicowanie cech jakościowych jaj powstające na skutek umycia skorupy.

Celem pracy była ocena zmian wybranych cech jakości jaj kurzych po umyciu powierzchni skorupy, z uwzględnieniem czasu ich przechowywania.

Material i metody badań

Material do badań stanowiły jaja kurze pozyskane od niosek Hy-Line Brown w 33. tygodniu ich życia. Ptaki utrzymywano w jednym budynku z dostępem do wybiegów trawiastych (1,5 m²/szt.), zachowując obsadę w budynku 6 szt./m² i żywiąc pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi. Zebrane o jednej porze doby jaja rozdzielano na 2 grupy, po 540 szt., według kryterium czystości skorupy. Do pierwszej grupie zaliczano głównie jaja składane w gniazdach wyłożonych słomą bez zabrudzonej powierzchni skorupy, do drugiej zaś te, które zbierano ze ściółki lub wybiegu, ewentualnie jaja gniazdowe o skorupie zabrudzonej pomiotem lub ziemią. Grupę pierwszą uznano za kontrolną, natomiast jaja z grupy drugiej myto w wodzie o temp. 18 - 21 °C, a następnie suszono w przewiewnym pomieszczeniu. Czynności te stanowiły czynnik doświadczalny. Jaja ponumerowano indywidualnie i umieszczono w wyłaczankach transportowych po 30 szt., a następnie przechowywano w kontrolowanych warunkach temperatury (15 ÷ 18 °C) i wilgotności (50 ÷ 70 %).

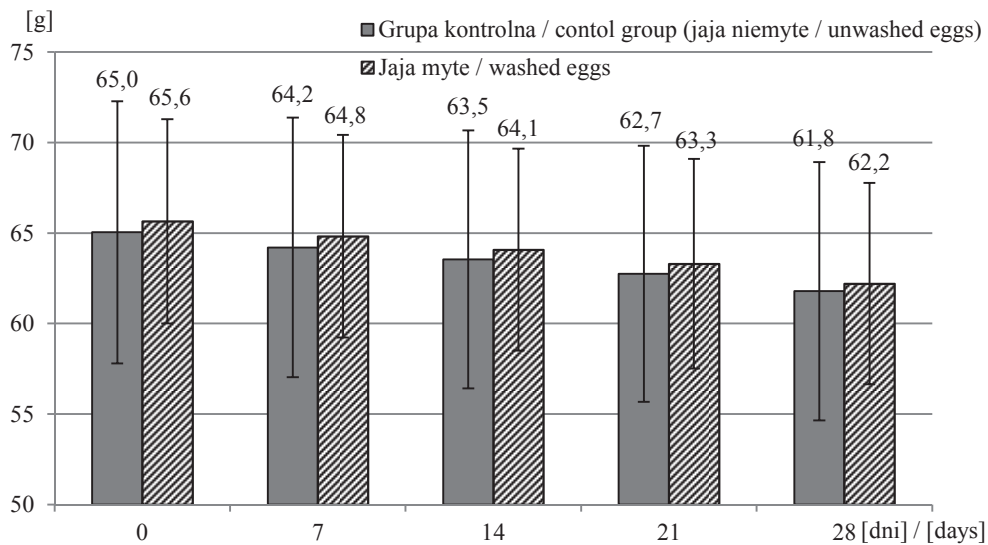
Jaja ważono w dniu zniesienia, a następnie w równych odstępach czasu tj. w 7., 14., 21., 28. dniu doświadczenia. Każdorazowo w dniu ważenia były one prześwietlane celem ustalenia głębokości komory powietrznej. W 1. oraz 28. dniu doświadczenia z każdej podgrupy wybierano po 120 jaj do oceny jakości ich treści, w sumie analizom

tym poddano 480 jaj. Do badań wykorzystano zestaw elektroniczny EQM (Egg Quality Measurements by TSS), aparat do oceny wytrzymałości skorupy Instron Mini 55 oraz pehametr CP-251. Na podstawie pomiaru w wodzie i powietrzu oceniano masę właściwą jaj, procentowy udział elementów morfologicznych (żółtko, białko, skorupa) oraz cechy (1) żółtka: barwę, masę i pH, (2) białka: masę, wysokość i pH, oraz (3) skorupy: barwę, wytrzymałość na zgniecenie, masę, grubość i gęstość.

Dane opracowano z użyciem pakietu statystycznego SPSS 12.0 PL [13]. Wykorzystano do analiz model statystyczny uwzględniał dwa czynniki, tj. czas przechowywania oraz mycie skorupy jaj, a także interakcję pomiędzy nimi. Zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji według modelu stałego $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$, gdzie: μ – średnia ogólna dla populacji, α_i – wpływ czynnika I, β_j – wpływ czynnika II, $\alpha\beta_{ij}$ – interakcja pomiędzy czynnikami, e_{ijk} – błąd losowy.

Wyniki i dyskusja

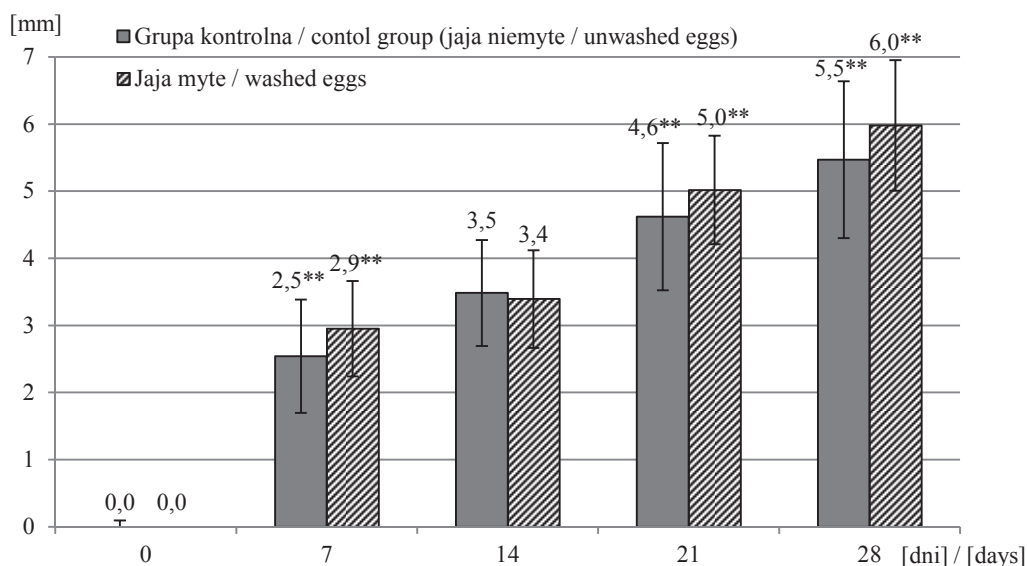
Na rys. 1. przedstawiono masę jaj w czasie przechowywania. Nie zaobserwowano, by jaja, które poddano myciu wykazywały większy ubytek masy niż jaja niepoddane temu zabiegowi. Podczas 4-tygodniowego przechowywania jaja o umytej skorupie



Rys. 1. Masa jaj w czasie przechowywania.

Fig. 1. Weight of eggs during storage.

straciły 5,2 %, natomiast w grupie kontrolnej 4,9 %. Jednak wyniki dotyczące głębokości komory powietrznej (rys. 2) wskazują, że istotnie większe wartości tego wskaźnika stwierdzono w jajach poddanych myciu. Może to potwierdzać bardziej intensywną wymianę gazową spowodowaną uszkodzeniem kutikuli i rozszczelnieniem porów skorupy przez zastosowany czynnik doświadczalny.



Objaśnienia: / Explanatory note:

** - różnice między wartościami średnimi grup są istotne przy $p \leq 0,01$ / differences between mean values for groups are significant at $p \leq 0.01$.

Rys. 2. Głębokość komory powietrznej w jajach determinowana czasem przechowywania.

Fig. 2. Depth of air cell in eggs depending on storage time.

Średnie wartości dotyczące składu morfologicznego jaja oraz masy właściwej przedstawiono w tab. 1. Masa właściwa jaja zmniejszyła się z 1,088 do 1,027 g/cm³ po 28 dniach przechowywania. Mycie skorup nie wpłynęło na zmiany masy właściwej jaja. Istotny wzrost udziału żółtka jaja w czasie przechowywania z 24,99 do 28,28 % oraz skorupy z 12,59 do 12,92 %, a zmniejszenie udziału białka jaja potwierdza, że w tym okresie nastąpił ubytek wody z białka jaja. Istotnie więcej wody ubyło z jaj, których skorupy umyto niż z jaj w grupie kontrolnej.

W tab. 2. przedstawiono wybrane cechy jakościowe żółtka w zależności od obu czynników doświadczalnych. Istotnie większą zmianę masy żółtka stwierdzono w jajach, których skorupy umyto (10,5 %) niż w jajach o czystej skorupie (8,4 %). Średnio do żółtka w czasie przechowywania przedostało się prawie 12 % wody z białka. Wyka-

zawo wpływ interakcji czynników doświadczalnych na tę cechę. Barwa żółtka zmieniła się istotnie wraz z upływem czasu, jednak nie różniła się w jajach umytych i nieumytych. Podobne relacje dotyczyły zmiany kwasowości żółtka. Wystąpił statystycznie istotny wzrost pH w ciągu 4 tygodni doświadczenia. Nieco większy wzrost stężenia jonów wodorowych wykazywały jaja z grupy kontrolnej, różnica w stosunku do jaj umytych była istotna na poziomie $p \leq 0,05$.

Tabela 1. Wybrane cechy jakości całego jaja w zależności od grupy oraz czasu przechowywania.
Table 1. Selected quality traits of whole egg depending on group and storage time.

Cecha Trait	Czas [dni] Time [days]	Grupa kontrolna Control group	Jaja umyte Washed eggs	Razem Total	SEM	
Masa właściwa Mass density [g/cm ³]	0	1,087 ^C	1,089 ^C	1,088**	0,001	
	28	1,029 ^B	1,023 ^B	1,027**	0,001	
	Razem / Total	1,053	1,050	1,052	0,002	
Udział / Percent content [%]	Żółtko Yolk	0	24,70 ^A	25,31 ^A	24,91**	0,165
		28	28,07 ^B	28,65 ^C	28,28**	0,158
		Razem / Total	26,63 ^o	27,23 ^o	26,84	0,143
	Białko Albumen	0	63,00 ^{Bb}	62,00 ^{Ba}	62,65**	0,223
		28	59,15 ^A	58,52 ^A	58,92**	0,213
		Razem / Total	60,79 ^o	60,00 ^o	60,51	0,181
	Skorupa Shell	0	12,54 ^{Aa}	12,69	12,59**	0,083
		28	12,97 ^B	12,84 ^b	12,92**	0,059
		Razem / Total	12,79	12,77	12,78	0,050

Objaśnienia: / Explanatory notes:

SEM – błąd standardowy średniej / standard error of mean;

** , A, B, C – wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,01$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.01$;

^o; a, b - wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.05$

Wybrane cechy jakości białka jaj przedstawiono w tab. 3. Masa białka zmalała średnio o 8,6 % – różnicował ją czas przechowywania, natomiast była zbliżona w obu grupach jaj, niezależnie od tego, czy jaja umyto. Jakość białka, oceniana na podstawie jego wysokości, wyrażana w jednostkach Haugha była zbliżona w obu grupach na początku badań. Po 28 dniach uległa ona obniżeniu, przy czym gwałtowniejsza zmiana dotyczyła jaj, których skorupy poddano myciu (34 %) niż jaj z czystą skorupą (28 %). Średnio wartość JH obniżyła się niezależnie od grupy o 30 %. Także kwasowość białka zmieniała się w czasie. Nieznaczna różnica wartości pH między porównywanymi gru-

pami była prawdopodobnie przypadkowa, natomiast istotna jest gwałtowność zmiany zasadowości białka w czasie. W ciągu 28 dni w jajach umytych wzrosła ona o 3 %, podczas gdy w drugiej grupie różnica pH wyniosła prawie 7,5 %.

Tabela 2. Wybrane cechy jakości żółtka jaja w zależności od grupy oraz czasu przechowywania.
Table 2. Selected quality traits of egg yolk depending on group and storage time.

Cecha Trait	Czas [dni] Time [days]	Grupa kontrolna Control group	Jaja umyte Washed eggs	Razem Total	SEM
Masa Weight [g]	0	15,62 ^A	15,95 ^A	15,73**	0,121
	28	17,06 ^B	17,83 ^C	17,33**	0,119
	Razem / Total	16,44 ^{oo}	17,03 ^{oo}	16,65	0,095
Barwa Colour [pts]	0	12,90 ^{Aa}	13,14 ^A	12,99**	0,083
	28	12,49 ^{Bb}	12,12 ^B	12,37**	0,103
	Razem / Total	12,72	12,70	12,71	0,067
pH	0	6,25 ^A	6,18 ^A	6,23**	0,037
	28	6,75 ^{Bb}	6,51 ^{Ba}	6,67**	0,052
	Razem / Total	6,48	6,32	6,42	0,033

Objaśnienia: / Explanatory notes:

SEM – błąd standardowy średniej / standard error of mean;

**;, °°; A, B, C – wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,01$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.01$;

a, b – wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Pod wpływem badanych czynników doświadczalnych pozostawały takie cechy skorupy, jak jej grubość, gęstość oraz wytrzymałość na zgniecenie (tab. 4). Gęstość skorupy pozostawała pod pewnym wpływem ($p \leq 0,05$) czasu przechowywania. Zależność ta była wyraźna w grupie kontrolnej, w grupie jaj poddanych myciu zmiana była mniejsza. Grubość skorupy oraz jej wytrzymałość wykazywały zróżnicowanie zarówno pod wpływem czasu, jak i zabiegu mycia. Istotność różnic w przypadku grubości trudno zinterpretować, jednak różnice pomiędzy grupami pod względem wytrzymałości skorupy pojawiły się po 28 dniach doświadczenia. Być może wraz z upływem czasu oraz z wyparowywaniem wody skorupa jaj nabrała większej elastyczności i wymagała większej siły do zgniecenia. Potwierdza to wykazany poprzednio większy ubytek masy białka w jajach z grupy doświadczalnej.

Zmiany zachodzące pod wpływem czasu przechowywania takich cech jaj, jak: masa i masa właściwa, procentowy udział elementów morfologicznych oraz ich masa, a także wysokość białka są zgodne z publikowanymi przez innych autorów [4, 7, 12].

Tabela 3. Wybrane cechy jakości białka jaja w zależności od grupy oraz czasu przechowywania.

Table 3. Selected quality traits of egg albumen depending on group and storage time.

Cecha Trait	Czas [dni] Time [days]	Grupa kontrolna Control group	Jaja umyte Washed eggs	Razem Total	SEM
Masa Weight [g]	0	40,07 ^B	39,10 ^B	39,73**	0,353
	28	36,12 ^A	36,64 ^A	36,31**	0,325
	Razem Total	37,81	37,69	37,77	0,254
Jednostki Haugh Haugh units	0	83,43 ^C	83,83 ^C	83,57**	0,639
	28	60,22 ^B	55,54 ^A	58,53**	0,690
	Razem Total	69,92	67,06	68,90	0,797
pH	0	8,41 ^{Aa}	8,56 ^{Ab}	8,47**	0,036
	28	9,04 ^{Babc}	8,82 ^{Babd}	8,93**	0,041
	Razem Total	8,71	8,69	8,70	0,027

Objaśnienia: / Explanatory notes:

SEM – błąd standardowy średniej / standard error of mean;

**; A, B – wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,01$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.01$;

a, b, c, d - wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Główną przesłanką do mycia jaj konsumpcyjnych jest ich bezpieczeństwo mikrobiologiczne. Hannah i wsp. [5] wskazują, że niepoddane myciu skorupy jaj od niosek z chowu klatkowego charakteryzowały się obecnością większej liczby bakterii tlenowych niż jaja z chowu na ściółce z wiórów drzewnych. Po umyciu jaj liczba bakterii na ich skorupie nie była czynnikiem różnicującym systemy chowu. Mendes i wsp. [9] oceniali jakość jaj w zależności m.in. od temperatury przechowywania i sanityzacji. Sanityzacja nie przyczyniła się do poprawy jakości jaj przechowywanych w temp. powyżej 5 °C (bez chłodzenia). Chłodzenie opóźnia zmiany zachodzące w treści jaj przechowywanych przez 30 dni. Autorzy ci wnioskują, że jaja, zwłaszcza odkażane, powinny być przechowywane w temperaturze 5 °C.

Caudill i wsp. [2] podają, że mycie jaj ma większy wpływ na obniżenie temperatury wewnątrz jaja niż na uszkodzenie kutikuli. Nie przyczynia się ono także do obniżenia cech jakościowych oraz intensywniejszego rozwoju mikroorganizmów po 5 tygodniach przechowywania. Możliwie najszybsze obniżenie temperatury wewnętrznej jaja poprawia jego cechy fizykochemiczne i jakość mikrobiologiczną. Schłodzenie jaj poprzez mycie w chłodnej wodzie pozwala także na zmniejszenie wydatkowania ener-

gii na ogrzewanie wody do mycia jaj oraz do ich ochładzania ‘na sucho’. Także Lelu i wsp. [8] nie znaleźli dowodów, które sugerowałyby, że procedura mycia nieodwracalnie zmienia kutikulę, a także jakość jaj. Analizując stopień pokrycia kutikulą oraz jej jakość zarówno na białych, jak i brązowych jajach konsumpcyjnych, stwierdzili, że w tym zakresie istnieje znaczna naturalna zmienność, np. jaja od starszych kur są słabiej pokryte kutikulą. Autorzy ci wnioskujeją, że nawet jeżeli już na początku powłoka skorupy jest wadliwa, to zabieg mycia również jej nie pogorszy.

Tabela 4. Wybrane cechy jakości skorupy jaja w zależności od grupy oraz czasu przechowywania.

Table 4. Selected quality traits of egg shell depending on group and storage time.

Cecha Trait	Czas [dni] Time [days]	Grupa kontrolna Control group	Jaja umyte Washed eggs	Razem Total	SEM
Masa Weight [g]	0	7,90	7,98	7,93	0,055
	28	7,79	8,95	7,92	0,047
	Razem Total	7,89	7,98	7,93	0,030
Grubość Thickness [µm]	0	307,0 ^A	348,1 ^B	321,63*	2,793
	28	335,9 ^{BC}	359,7 ^{BD}	344,30*	3,609
	Razem Total	323,7 ^{oo}	354,8 ^{oo}	334,67	2,457
Gęstość Density [g/cm ³]	0	106,66 ^A	107,58	106,99*	0,623
	28	109,58 ^B	108,64	109,25*	0,511
	Razem Total	108,35	108,19	108,29	0,399
Wytrzymałość Strength [N]	0	39,00 ^A	40,66 ^a	40,75**	0,650
	28	42,39 ^C	44,00 ^{Bb}	41,79**	0,657
	Razem Total	40,99 ^{oo}	42,05 ^{oo}	41,36	0,470

Objaśnienia: / Explanatory notes:

SEM – błąd standardowy średniej / standard error of mean;

**;^{oo}; A, B, C, D – wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,01$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.01$;

*; a, b - wartości średnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Szablewski i wsp. [14] proponują połączenie mycia z naświetlaniem promieniowaniem UV-C 254 nm. Taka kombinacja zabiegów prowadzi do skutecznego usunięcia bakterii z grupy *coli* z powierzchni skorupy jaj konsumpcyjnych. W cytowanych badaniach nie stwierdzono w żadnej obecności pałeczek *Salmonella* na powierzchni

skorup, natomiast obserwowane zmiany cech jakościowych białka i żółtka związane były jedynie z naturalnie postępującym w czasie przechowywania procesem starzenia się jaj.

Wnioski

1. Zmiany większości analizowanych cech jaj, z wyjątkiem masy skorupy, zachodziły pod wpływem czasu przechowywania.
2. Mycie skorupy jaj nie wpłynęło na ubytek ich masy w czasie przechowywania. Zabieg ten różnicował wielkość komory powietrznej, grubość i wytrzymałość skorupy, a także nieznacznie masę i procentowy udział żółtka oraz liczbę jednostek Haugha po 28 dniach przechowywania.
3. Uzyskane wyniki badań wskazują, że mycie skorupy jaj w nieznacznym stopniu wpływa na obniżenie niektórych cech jakości jaj.

Literatura

- [1] Caner C.: The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *J. Sci. Food Agric.*, 2005, **85**, 1897-902.
- [2] Caudill A.B., Curtis P.A., Anderson K.E., Kerth L.K., Oyarazabal O., Jones D.R., Musgrove M.T.: The effects of commercial cool water washing of shell eggs on Haugh unit, vitelline membrane strength, aerobic microorganisms, and fungi. *Poult. Sci.*, 2010, **89**, 160-168.
- [3] Chousalkar K.K., Roberts J.R.: Recovery of Salmonella from eggshell wash, eggshell crush, and egg internal contents of unwashed commercial shell eggs in Australia. *Poult. Sci.*, 2012, **91**, 1739-1741.
- [4] Gavril R., Usturoi M.G.: Effects of temperature and storage time on hen eggs quality. *Lucrări Științifice, Seria Zootehnie*, 2011, **56**, 259-264.
- [5] Hannah J.F., Wilson J.L., Cox N.A., Cason J.A., Bourassa D.V., Musgrove M.T., Richardson L.J., Rigsby L.L., Buhr R.J.: Comparison of shell bacteria from unwashed and washed table eggs harvested from caged laying hens and cage-free floor-housed laying hens. *Poult. Sci.*, 2011, **90**, 1586-1593.
- [6] Hutchinson M.L., Gittins J., Walker A., Moore A., Burton C., Sparks N.: Washing table eggs: a review of the scientific and engineering issues. *World's Poult. Sci.*, 2003, **59**, 233-248.
- [7] Jones D.R., Musgrove M.T.: Effects of extended storage on egg quality factors. *Poult. Sci.*, 2005, **84**, 1774-1777.
- [8] Leleu S., Messens W., De Reu K., De Preter S., Herman L., Heyndrickx M., De Baerdemaeker J., Michiels C.W., Bain M.: Effect of egg washing on the cuticle quality of brown and white table eggs. *J. Food Protect.*, 2011, **74 (10)**, 1649-1654.
- [9] Mendes F.R., Andrade M.A., Café M.B., Santos J.S., Lacerda M.J.R., Stringhini J.H., Stringhini M.L., Leandro N.S.M.: Physical and chemical quality of sanitized commercial eggs experimentally contaminated with *Pseudomonas aeruginosa* and refrigerated during storage. *R. Bras. Zootech.*, 2012, **41 (10)**, 2211-2218.
- [10] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 589/2008 z dnia 23 czerwca 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonywania rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w sprawie norm handlowych w odniesieniu do jaj. *Dz. Urz. L 163 z 24.6.2008*, 6-23.
- [11] Rzedzicki J., Stępień-Pyśniak D.: Antimicrobial defence mechanisms of chicken eggs and possibilities for their use in protecting human and animal health. *Annales UMCS, Med. Veter.*, 2009, **64 (2)**, 1-8.

- [12] Scott T.A., Silversides F.G.: The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poult. Sci.*, 2000, **79**, 1725-1729.
- [13] SPSS 12.0 for Windows. Copyright SPSS inc., 1989-2003, Chicago, IL, USA, 2003.
- [14] Szablewski T., Kijowski J., Cegielska-Radziejewska R., Dziedzic A., Kamińska A.: Wpływ promieniowania UV na stan mikrobiologiczny skorupy oraz jakość treści jaj. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **2 (63)**, 40-52.

EFFECT OF WASHING ON SELECTED QUALITY TRAITS OF HEN EGG SHELLS DURING STORAGE

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the changes in selected quality traits of hen eggs after washing their shells and with focus on the storage time. The research material consisted of eggs produced by Hy-Line Brown laying hens during the 33rd week of their life. The birds were reared in one building and had access to green runs. Based on the shell cleanness criterion, the eggs were divided into 2 groups of 540 eggs each. Group I was a control group, the eggs in Group II were washed in water of 30^oC for 3 min. All the eggs, stored under a temperature of 15-18 °C and a humidity of 50-70 %, were weighed on the day of laying and, next, on the 7th, 14th, 21st, and 28th day. The depth of air in the storing place was determined on the day when the eggs were weighed. On the 1st and the 28th day, 120 eggs were taken to assess the quality of their content. The traits of egg shells were assessed (crushing strength, weight, thickness, density) as were the traits of albumen (weight, height, pH) and yolk (colour, weight, pH). The majority of egg traits analysed changed during storage. The washing of egg shells had no effect on the egg weight loss during storage. The washing diversified the depth of air cell, the thickness and strength of shell, and, slightly, the weight and content of yolk, as well as the number of Haugh units after 28 days. The results obtained prove that the ban on washing eggs from Class A, substantiated by the drop in their quality traits, seems to be unjustified.

Key words: washing of egg shell, free-range rearing, storage of eggs, quality of eggs ☒

MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ

KONSUMENCKA PERCEPCJA KORZYŚCI Z KONSUMPCJI ŻYWNOŚCI WYSOKIEJ JAKOŚCI

Streszczenie

Celem badań była konsumencka ocena oczekiwanych korzyści z konsumpcji żywności o wysokiej jakości. Dokonano klasyfikacji respondentów po uwzględnieniu ich opinii o korzyściach. Dane empiryczne (n = 1003) zgromadzono w badaniu ankietowym zrealizowanym w listopadzie 2012 roku. W opinii respondentów oczekiwanym rezultatem spożywania żywności o wysokiej jakości jest przede wszystkim dobre samopoczucie, wzrost zaufania do żywności oraz podwyższenie walorów zdrowotnych żywności, natomiast wzrost wydatków na żywność oceniono na poziomie średnim. Miejsce zamieszkania, opinia o dochodzie oraz płeć różnicowały percepcję korzyści. Tylko poziom wykształcenia i opinia o dochodzie różnicowały przynależność respondentów do jednorodnych grup ze względu na percepcję korzyści z konsumpcji żywności o wysokiej jakości.

Słowa kluczowe: żywność, wysoka jakość, konsument, cechy socjodemograficzne, percepcja korzyści

Wprowadzenie

Poglądy konsumentów mają duży udział w wyjaśnianiu ich decyzji dotyczących innowacyjnej żywności [2, 5, 13, 15, 23]. Postrzeganie produktu żywnościowego z perspektywy korzyści, ryzyka z nim związanego, jakości i ceny ma istotny wpływ na decyzje związane z jego nabywaniem [4, 8, 9, 19]. Wśród postrzeganych korzyści, dotyczących nowych produktów żywnościowych uwzględnia się korzyści: zdrowotne, dla społeczeństwa i środowiskowe [22]. Z badań wynika, że należą one do najważniejszych determinantów wyboru żywności wprowadzanej na rynek [3, 17, 18].

Na współczesnym rynku poszukiwane są takie korzyści, jak: dobry smak, wygoda, walory zdrowotne [3, 24], jak również korzyści dla środowiska. Ich uzyskanie mo-

Dr hab. M. Jeżewska-Zychowicz, prof. nadzw., Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: marzena_jezewska_zychowicz@sggw.pl

że być dla konsumenta ważnym czynnikiem skłaniającym do nabywania żywności wysokiej jakości [13, 22].

Rola zmiennych socjodemograficznych w warunkowaniu postaw względem nowych produktów żywnościowych oraz poglądów na ich temat jest wciąż przedmiotem dyskusji. Zdaniem Dagevos [7] takie zmienne, jak: wiek, płeć oraz wykształcenie mają coraz mniejsze znaczenie w wyjaśnianiu wyboru żywności w krajach rozwiniętych. Natomiast z badań Ares i Gabaro [1] wynika, że płeć i wiek badanych statystycznie istotnie różnicowały preferencje względem różnych produktów funkcjonalnych oraz opinie na ich temat, co potwierdzają także wyniki innych badań [14, 17]. Konsumentami żywności funkcjonalnej jest więcej kobiet [6, 10] niż mężczyzn, osób młodszych, lepiej wykształconych, reprezentujących wyższe poziomy dochodu [11]. W niektórych badaniach nie wykazano związku między tymi zmiennymi a chęcią nabywania innowacyjnej żywności, np. w badaniach Góreckiej i wsp. [10] nie potwierdzono istotnego statystycznie związku między wiekiem a nabywaniem żywności funkcjonalnej. Stwierdza się także zróżnicowanie poglądów konsumentów na temat różnych aspektów związanych z żywnością po uwzględnieniu cech socjodemograficznych [12, 14].

Celem badania była ocena oczekiwanych korzyści z konsumpcji żywności o wysokiej jakości wśród konsumentów. Oceniono wzajemne relacje między oczekiwanymi korzyściami oraz dokonano klasyfikacji respondentów ze względu na percepcję korzyści.

Material i metody badań

Badanie empiryczne przeprowadzono w listopadzie 2012 roku na grupie 1003 dorosłych konsumentów za pomocą metody wywiadów bezpośrednich ze wspomaganie komputerowym (Komputer Assisted Personal Interview - CAPI) z wykorzystaniem quasi-standaryzowanego kwestionariusza wywiadu. Dobór próby z operatu adresowego GUS spełniał warunek reprezentatywności populacji generalnej Polski dla osób powyżej 21. roku życia pod względem wieku, płci oraz wielkości miejsca zamieszkania. Schemat doboru składał się z dwóch faz, a mianowicie: w pierwszej fazie wylosowano adresy startowe, a w drugiej fazie, realizowanej w terenie, wykorzystano tzw. metodę random route, która obejmuje regułę wyboru mieszkania z zastosowaniem zasady prawej ręki. Począwszy od wylosowanego punktu startowego ankieter odliczał mieszkania znajdujące się po jego prawej stronie, a podana w regule doboru liczba wyznaczała mieszkanie wylosowane. Każdy z wylosowanych adresów startowych musiał skutkować efektywną realizacją wywiadu, co oznacza, że nie było potrzeby wykorzystywania operatu rezerwowego. Aplikacja stosowana przez ankietera pozwalała na kwalifikowanie do wywiadu jedynie osób spełniających kryterium rekrutacyjne, czyli dokonywanie samodzielnych lub we współdziałale zakupów żywności oraz umożli-

liwiała całkowitą kontrolę nad strukturą próby. Strukturę badanych przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka respondentów.
Table 1. Profile of respondents.

Grupy respondentów / Groups of respondents	N	[%]
Płeć: / Gender:		
- kobieta / female	498	49,7
- mężczyzna / male	505	50,3
Miejsce zamieszkania: / place of residence:		
- wieś / rural area	383	38,3
- miasto do 49 tys. mieszkańców / town with less than 49 000 inhabitants	241	24,0
- miasto od 50 do 99 tys. mieszkańców / town with 50 000 – 99 000 inhabitants	179	17,8
- miasto powyżej 100 tys. mieszkańców / city with more than 100 000 inhabitants	200	19,9
Wykształcenie: / Education:		
- niższe niż średnie / lower than secondary education	395	40,0
- średnie ogólnokształcące / secondary education	172	17,4
- średnie zawodowe / secondary vocational education	252	25,6
- licencjat i wyższe / university education starting with Bachelor degree	168	17,0
Wiek: / Age:		
- 25 lat i mniej / 25 years of age and below	186	18,5
- 26 - 40 lat / 26 - 40 years of age	308	30,7
- 41 - 55 lat / 41 - 55 years of age	318	31,8
- powyżej 55 lat / more than 55 years of age	191	19,0
Opinia o dochodzie: / Opinion on income:		
- niewystarczający / insufficient	227	23,3
- wystarczający na niektóre potrzeby / sufficient to cover some needs	654	67,2
- wystarczający na wszystko / sufficient to cover all needs	92	9,5

Osoby uczestniczące w badaniu przedstawiały swoje opinie na temat oczekiwanych korzyści wynikających ze spożywania żywności o wysokiej jakości, reprezentującej żywność pochodzenia zwierzęcego, tj. mięso, wędliny, mleko, jogurty, sery żółte, twarogi i jaja, na 7-punktowych skalach, gdzie „1” opisano jako: zdecydowanie nie, „2” – nie, „3” – raczej nie, „4” – ani nie, ani tak, „5” – raczej tak, „6” – tak, „7” – zdecydowanie tak. Lista oczekiwanych zmian postrzeganych zarówno w kategoriach korzyści, jak i strat, względem których respondenci wyrażali swoje opinie, została stworzona na podstawie analizy wyników dotychczasowych badań oraz dyskusji grupowej, poprzedzającej przygotowanie narzędzia badawczego wykorzystanego w badaniu ilościowym. Ocenie poddano: urozmaicenie oferty produktów na rynku, dobre samopo-

czucie po spożyciu żywności, pozytywne opinie ze strony innych osób, ograniczenie sprzedaży żywności o niskiej jakości, ułatwienie przygotowania posiłków, wzrost eksportu polskiej żywności, wzrost zaufania konsumentów do żywności będącej w sprzedaży, ograniczenie spożycia tłuszczu, wzrost wydatków na zakup żywności oraz podwyższenie walorów zdrowotnych żywności.

Opinie na temat oczekiwanych korzyści przedstawiono w postaci wartości średniej oceny i odchylenia standardowego, a następnie porównywano wartości średnie ocen po uwzględnieniu płci, wieku, wykształcenia, miejsca zamieszkania i opinii o dochodzie. Do oceny relacji między przedstawianymi opiniami i cechami socjodemograficznymi wykorzystano wartości współczynnika V-Cramera. Do wyboru zmiennych istotnie różnicujących ocenę oczekiwanych korzyści wykorzystano metodę głównych składowych (PCA). Obliczono współczynnik adekwatności doboru próby KMO (0,896) oraz test sferyczności Bartletta ($\chi^2 - 3095,324$; df 45; $p < 0,001$). Do wyodrębnienia dwóch głównych składowych zastosowano metodę rotacji Varimax z normalizacją Kaisera, przy czym zbieżność osiągnięto w 3. iteracji. Główne składowe wykorzystano w analizie skupień wykonanej z zastosowaniem metody k-średnich do wyodrębnienia jednorodnych grup respondentów ze względu na oczekiwane korzyści ze spożywania żywności pochodzenia zwierzęcego wysokiej jakości. Decyzja o liczbie wyodrębnionych skupień została podjęta przez autora w sposób arbitralny. Do stwierdzenia różnic między opiniami o korzyściach i przynależnością do skupień wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji oraz test post hoc Tukeya. Do wykonania analiz statystycznych wykorzystano SPSS, wersja 20.0.

Wyniki i dyskusja

Miejsce zamieszkania oraz opinia o dochodzie różnicowały statystycznie istotnie ($p < 0,05$) opinie badanych dotyczące największej liczby oczekiwanych korzyści. Płeć różnicowała istotnie opinie dotyczące ograniczenia spożycia tłuszczu oraz sprzedaży żywności niskiej jakości, ponadto urozmaicenia oferty produktów na rynku, dobrego samopoczucia po spożyciu oraz pozytywnych opinii ze strony innych osób jako efektu spożywania żywności wysokiej jakości. Wiek i wykształcenie różnicowały opinie dotyczące jednego oczekiwania (tab. 2).

Wyniki analizy głównych składowych przedstawiono w tab. 3.

Wyodrębnione zostały dwie składowe (czynniki) główne, wyjaśniające 54,7 % wariancji zmiennych, przy czym pierwsza składowa wyjaśniała 42,3 %, a druga – 12,4 % wariancji zmiennych. Początkowe wartości własne czynników wynosiły odpowiednio: 4,2 i 1,2. W odniesieniu do obydwu składowych określono ładunki czynnikowe wyrażające stopień nasycenia składowej daną zmienną. Pierwsza składowa była najsilniej reprezentowana przez opinie dotyczące dobrego samopoczucia po spożyciu, wzrostu zaufania do żywności oraz podwyższenia walorów zdrowotnych żywności,

czyli korzyści dla konsumenta, podczas gdy druga – przez opinie dotyczące wzrostu wydatków na żywność, czyli strat z perspektywy konsumenta, a korzyści dla pozostałych podmiotów rynku (współczynnik korelacji $> 0,700$).

Tabela 2. Wartości współczynnika V-Cramera wskazujące na zależności między opiniami na temat korzyści z konsumpcji żywności pochodzenia zwierzęcego o wysokiej jakości i cechami socjodemograficznymi badanej populacji.

Table 2. Values of V-Cramer's coefficient indicating correlation between opinions on benefits of consuming high quality food products and socio-demographic characteristics of population surveyed.

Opinie na temat oczekiwanych korzyści Opinions on expected benefits	Płeć Gender	Zamiesz- kanie Residence	Wykształ- cenie Education	Wiek Age	Dochód Income
Urozmaicenie oferty produktów na rynku Variety of products offered in the market	0,116*	0,119*	0,086	0,108*	0,111*
Dobre samopoczucie po spożyciu tej żywności Well-being after eating this food	0,137*	0,083	0,090	0,067	0,105*
Pozytywne opinie ze strony innych osób Positive opinions from the others	0,148*	0,191*	0,086	0,058	0,104*
Ograniczenie sprzedaży żywności niskiej jakości Limiting sales of low-quality food products	0,119*	0,138*	0,092	0,070	0,098
Ułatwienie przygotowania posiłków Facilitating the preparation of meals	0,105	0,120*	0,070	0,103	0,079
Wzrost eksportu polskiej żywności Increase in export of Polish food products	0,091	0,120*	0,111*	0,072	0,067
Wzrost zaufania do żywności Increased confidence in food products	0,098	0,131*	0,080	0,073	0,115*
Ograniczenie spożycia tłuszczu Reducing the intake of fat	0,189*	0,117*	0,091	0,079	0,105*
Wzrost wydatków na zakup żywności Increase in expenditures on food products	0,066	0,147*	0,095	0,067	0,120*
Podwyższenie walorów zdrowotnych żywności Increase in pro-health values of food products	0,078	0,111*	0,085	0,090	0,103

* Istotne statystycznie zależności przy $p < 0,05$ / Statistically significant correlations at $p < 0.05$.

Na podstawie opinii tworzących główne składowe wyodrębniono 3 jednorodne skupienia, których charakterystykę przedstawiono w tab. 4.

Skupienie I charakteryzowało się najbardziej pozytywnymi opiniami na temat wszystkich zmiennych tworzących składowe główne, w skupieniu II przedstawiano bardziej umiarkowane opinie na temat oczekiwań względem żywności pochodzenia

zwierzęcego o wysokiej jakości, podczas gdy w skupieniu III reprezentowane były opinie zbliżone do skupienia I, z wyjątkiem odmiennej opinii na temat wzrostu wydatków na zakup żywności wyrażonej poprzez wartość średnią 2,08, a także nieznacznie bardziej pozytywnej opinii na temat dobrego samopoczucia po spożyciu żywności wysokiej jakości. Skupienie I obejmowało 360 osób (35,9 % badanej populacji), skupienie II – 373 osoby (37,2 %), a skupienie III – 270 osób (26,9 %).

Tabela 3. Wartości średnie oraz wartości ładunków czynnikowych wyodrębnione na podstawie analizy głównych składowych (PCA).

Table 3. Mean values and values of factor loadings separated based on Principal Component Analysis (PCA).

Opinie na temat oczekiwanych korzyści Opinions on expected benefits	$\bar{x} \pm s / SD$	Ładunki czynnikowe Factor loadings	
		I	II
Urozmaicenie oferty produktów na rynku Diversity of products on the market	5,25 ± 1,38	0,655	0,355
Dobre samopoczucie po spożyciu tej żywności Well-being after eating this food	5,73 ± 1,31	0,796*	-0,084
Pozytywne opinie ze strony innych osób Positive opinions from the others	4,81 ± 1,60	0,410	0,504
Ograniczenie sprzedaży żywności niskiej jakości Limitating sales of low-quality food products	5,35 ± 1,45	0,679	0,211
Ułatwienie przygotowania posiłków Facilitating the preparation of meals	4,94 ± 1,54	0,341	0,661
Wzrost eksportu polskiej żywności Increase in export of Polish food products	5,22 ± 1,43	0,627	0,184
Wzrost zaufania do żywności Increased confidence in food products	5,47 ± 1,35	0,772*	0,110
Ograniczenie spożycia tłuszczu Reducing the intake of fat	5,07 ± 1,43	0,498	0,479
Wzrost wydatków na zakup żywności Increase in expenditures on food products	4,28 ± 1,86	-0,193	0,791*
Podwyższenie walorów zdrowotnych żywności Increase in pro-health values of food products	5,50 ± 1,29	0,762*	0,194

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s / SD$ – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;

*Zmienne najsilniej skorelowane z czynnikami głównymi (współczynnik korelacji > 0,700) / Variables that are the strongestly correlated with principal factors (correlation coefficient > 0.700).

Tabela 4. Charakterystyka skupień z uwzględnieniem wybranych opinii ($\bar{x} \pm s / SD$).Table 4. Profile of clusters according to some selected opinions ($\bar{x} \pm s / SD$).

Opinie na temat oczekiwanych korzyści Opinions on expected benefits	Skupienie / Cluster		
	I	II	III
Dobre samopoczucie po spożyciu tej żywności Well-being after eating this food	6,45 ± 0,81	4,66 ± 1,03	6,70 ± 0,67
Wzrost wydatków na zakup żywności Increase in expenditures on food products	6,21 ± 0,79	4,37 ± 1,05	2,08 ± 1,17
Podwyższenie walorów zdrowotnych żywności Increase in pro-health values of food products	6,30 ^a ± 0,90	4,56 ± 0,901	6,24 ^a ± 1,06
Wzrost zaufania do żywności Increased confidence in food products	6,22 ^a ± 1,02	4,49 ± 1,04	6,25 ^a ± 1,03

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s / SD$ – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;

a – wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie – test Tukeya przy $p < 0,05$ / mean values denoted by the same letter do not differ statistically significantly – Tukey's test at $p < 0.05$

Tylko poziom wykształcenia i opinia o dochodzie statystycznie istotnie różnicowały przynależność respondentów do poszczególnych skupień. Osoby z wykształceniem średnim i niższym niż średnie stanowiły istotnie większy odsetek w skupieniu II, czyli wśród osób wyrażających neutralne opinie względem oczekiwanych korzyści, podczas gdy udział tych osób w pozostałych dwóch skupieniach był zbliżony. Jednak nieco więcej osób z wykształceniem poniżej średniego (30,9 %) reprezentowało skupienie I niż III (26,3 %), czyli więcej tych osób łączyło żywność o wysokiej jakości ze wzrostem wydatków na żywność. Zarówno osoby negatywnie, jak i pozytywnie oceniające swój dochód, stanowiły największy odsetek osób reprezentujących skupienie II (tab. 5).

Wyniki przeprowadzonego badania potwierdziły zasadność dyskusji dotyczącej znaczenia cech socjodemograficznych w warunkowaniu poglądów i zachowań konsumentów na rynku żywności, w tym żywności wysokiej jakości. Stwierdzono różnice w znaczeniu poszczególnych cech jako determinant opinii dotyczących oczekiwanych korzyści, co wykazano również w innych badaniach [18, 20]. Wykształcenie i wiek badanych różnicowały percepcję korzyści w najmniejszym stopniu, co znalazło potwierdzenie w wynikach niektórych badań [7], podczas gdy w innych badacze wykazały różnicujący wpływ tych cech [14, 16]. Wyniki badań przeprowadzanych wśród polskich konsumentów wykazują różnicujący wpływ miejsca zamieszkania i dochodu lub opinii o dochodzie, co potwierdzono w badaniu własnym [14].

Tabela 5. Charakterystyka skupień z uwzględnieniem cech socjodemograficznych badanej populacji.
Table 5. Profile of clusters according to socio-demographic characteristics of population surveyed.

Grupy respondentów Groups of respondents	Skupienie / Cluster		
	I	II	III
Płeć: / Gender: (ns)			
- kobieta / female	28,5	47,0	24,5
- mężczyzna / male	29,3	41,0	29,7
Miejsce zamieszkania: / Place of residence: (ns)			
- wieś / rural area	26,4	47,8	25,8
- miasto do 49 tys. mieszkańców / town with less than 49 000 inhabitants	30,7	41,9	27,4
- miasto od 50 do 99 tys. mieszkańców / town with 50 000 – 99 000 inhabitants	27,4	39,1	33,5
- miasto powyżej 100 tys. mieszkańców / city with more than 100 000 inhabitants	33,0	43,5	23,5
Wykształcenie: / Education: (p<0,05)			
- niższe niż średnie / lower than secondary education	30,9	42,8	26,3
- średnie ogólnokształcące / secondary education	24,4	50,6	25,0
- średnie zawodowe / secondary vocational education	25,4	48,4	26,2
- licencjat I wyższe / university education starting from Bachelor degree	34,6	33,9	31,5
Wiek: / Age: (ns)			
- 25 lat i mniej / 25 years of age and below	29,0	47,8	23,2
- 26 - 40 lat / 26 - 40 years of age	26,9	43,9	29,2
- 41 - 55 lat / 41 - 55 years of age	32,4	44,3	23,3
- powyżej 55 lat / more than 55 years of age	26,2	39,8	34,0
Opinia o dochodzie: / Opinion on income: (p<0,05)			
- niewystarczający / insufficient	23,3	52,9	23,8
- wystarczający na niektóre potrzeby / sufficient to cover some needs	32,1	39,9	28,0
- wystarczający na wszystko / sufficient to cover all needs	23,9	51,1	25,0

Objaśnienie: / Explanatory note:

ns – brak różnic statystycznie istotnych przy $p < 0,05$ / no statistically significant differences at $p < 0.05$.

Nagrodę jako konsekwencję spożywania innowacyjnej żywności [13, 22] można dostrzec w jednej z głównych składowych (PCA), a mianowicie dobre samopoczucie, zaufanie do żywności, ponadto większe walory zdrowotne, a tym samym lepsze zdrowie to elementy tej nagrody. Drugą główną składową odnoszącą się raczej do postrzeganych strat niż korzyści to wzrost wydatków na żywność. Cena, decydująca o wydatkach, stanowi ważną determinantę wyboru żywności, a w przypadku żywności

innowacyjnej o wartości dodanej, często jest uwzględniana przez konsumenta przy podejmowaniu decyzji o zakupie [11]. Cena żywności ma istotny wpływ na akceptację innowacyjnego produktu żywnościowego. Większość brytyjskich konsumentów jest skłonna kupować żywność genetycznie zmodyfikowaną, ale tylko wtedy, gdy jej cena będzie niższa niż żywności produkowanej w tradycyjny sposób [21]. W przypadku innych produktów część konsumentów wykazuje gotowość do zapłacenia wyższej ceny za wysoką jakość czy dodaną wartość [16].

Skupienia wyodrębnione ze względu na prezentowane poglądy potwierdzają zróżnicowanie konsumentów. Obok ambiwalentnych postaw wyrażających się neutralnymi opiniami na temat oczekiwanych korzyści, wyodrębniono dwa typy konsumentów, które różnią się przede wszystkim postrzeganiem kosztów związanych ze spożyciem żywności o wysokiej jakości. Osoby dostrzegające korzyści z konsumpcji tej żywności, ale zwracające uwagę na wzrost wydatków na jej zakup były reprezentowane przez istotnie większy odsetek osób z wykształceniem poniżej średniego. Oznacza to, że różnicujący wpływ wykształcenia na opinię dotyczącą wzrostu wydatków na żywność ujawnił się dopiero po skategoryzowaniu respondentów z wykorzystaniem analizy skupień. Osoby wyrażające skrajne opinie o dochodzie stanowiły podobną reprezentację we wszystkich skupieniach, ze znacznie większym udziałem w skupieniu II, podczas gdy istotnie różny rozkład charakteryzował osoby określające swój dochód jako „wystarczający, ale nie na wszystkie wydatki”, co wskazuje na duże zróżnicowanie poglądów na temat wzrostu wydatków na żywność w tej grupie respondentów.

Wnioski

1. Wśród cech różnicujących opinie badanych o korzyściach wynikających ze spożycia żywności wysokiej jakości znalazły się: miejsce zamieszkania, opinia o dochodzie oraz płeć.
2. Dobre samopoczucie po spożyciu produktu, wzrost zaufania do żywności oraz podwyższenie jej walorów zdrowotnych to najbardziej oczekiwane przez badanych korzyści z konsumpcji żywności wysokiej jakości.
3. Opinie o wzroście wydatków na żywność, jako następstwie wynikającym z konsumpcji żywności wysokiej jakości, były najbardziej zróżnicowane w jednorodnych grupach respondentów wyodrębnionych ze względu na percepcję korzyści z konsumpcji tej żywności, przy czym tylko poziom wykształcenia i opinia o dochodzie różnicowały respondentów przynależnych do tych grup.

Artykuł przygotowano w ramach projektu „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” nr POIG.01.01.02-014-090/09 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju

Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.

Literatura

- [1] Ares G., Gámbaro A.: Influence of gender, age and motives underlying food choice on perceived healthiness and willingness to try functional foods. *Appetite*, 2007, **49**, 148-158.
- [2] Bech-Larsen T., Grunert K.G.: The perceived Healthiness of functional foods. A conjoint study of Danish, Finnish and American consumers' perception of functional foods. *Appetite*, 2003, **40**, 9-14.
- [3] Bruhn C.M.: Enhancing consumer acceptance of new processing technologies. *Inn. Food Sci. Emer. Technol.*, 2007, **8**, 555-558.
- [4] Cardello A.V., Schutz H.G., Leshner L.L.: Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. *Inn. Food Sci. Emer. Technol.*, 2007, **68**, 73-83.
- [5] Costa-Font M., Gil J.M., Trail B.W.: Consumer acceptance, valuation of and attitudes towards genetically modified food: Review and implications for food policy. *Food Policy*, 2008, **33**, 99-111.
- [6] Czapska M., Jeznach M., Święcicka A.: Zachowania konsumentów na rynku żywności funkcjonalnej. *Handel Wewn.*, 2002, **48**, 30-33.
- [7] Dagevos H.: Consumers as four-faced creatures. Looking at food consumption from the perspective of contemporary consumers. *Appetite*, 2005, **45**, 32-39.
- [8] De Steur H., Gellynck X., Storozhenko S., Liqun G., Lambert W., van Der Straeten D., Viaene J.: Willingness-to-accept and purchase genetically rice with folate content in Shanxi Province, China. *Appetite*, 2010, **54**, 118-125.
- [9] Frewer L., Scholderer J., Lambert N.: Consumer acceptance of functional foods: issues for the future. *Br. Food J.*, 2003, **105**, 714-731.
- [10] Górecka D., Czarnocińska J., Idzikowski M., Kowalec J.: Postawy osób dorosłych wobec żywności funkcjonalnej w zależności od wieku i płci. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **4 (65)**, 32-326.
- [11] Gutkowska K., Sajdakowska M., Żakowska-Biemans S., Kowalczyk I., Kozłowska A., Olewnik-Mikołajewska A.: Poziom akceptacji zmian na rynku żywności pochodzenia zwierzęcego w opinii konsumentów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **5 (84)**, 187-202.
- [12] Jakubowska D., Radzyńska M., Smoczyński S.S.: Określenie determinant wpływających na percepcję ryzyka w zakresie bezpieczeństwa mięsa i produktów mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **1 (68)**, 123-129.
- [13] Jeżewska-Zychowicz M.: Impact of beliefs and attitudes on young consumers' willingness to use functional food. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2009, **59**, 2, 183-187.
- [14] Jeżewska-Zychowicz M., Babicz-Zielińska E., Laskowski W.: Konsument na rynku nowej żywności. Wybrane uwarunkowania. Wyd. SGGW, Warszawa 2009.
- [15] Mahon D., Cowan C., McCarthy M.: The role of attitudes, subjective norm, perceived control and habit in the consumption of ready meals and takeaways in Great Britain. *Food Qual. Prefer.*, 2006, **17**, 474-481.
- [16] Radzyńska M., Jakubowska D., Smoczyński S.S.: Postrzeganie obcych związków w żywności jako czynnika stanowiącego zagrożenie dla zdrowia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **2 (69)**, 132-139.
- [17] Rollin F., Kennedy J., Wills J.: Consumers and new food technologies. *Trends Food Sci. Technol.*, 2011, **22**, 99-111.
- [18] Ronteltap A., van Trijp J.C.M. Renes R.J., Frewer L.J.: Consumer acceptance of technology-based food innovations: lessons for the future of nutrigenomics. *Appetite*, 2007, **49**, 1-17.

- [19] Rozin P., Spranca M., Krieger Z., Neuhaus S., Surillo D., Swerdin A.: Preference for natural: instrumental and ideational/moral motivations, and the contrast between foods and medicines. *Appetite*, 2004, **43**, 147-154.
- [20] Siegrist M.: Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. *Trends Food Sci. Technol.*, 2008, **19**, 603-608.
- [21] Spence A., Townsend E.: Examining consumer behavior toward genetically modified (GM) food in Br. *Risk Anal.*, 2006, **26**, 657-670.
- [22] Urala N., Lähteenmäki L.: Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Qual. Prefer.*, 2004, **15**, 793-803.
- [23] Vassallo M., Saba A., Arvola A., Dean M., Messina F., Winkelmann M., Claupen E., Lähteenmäki L., Shepherd R.: Willingness to use functional breads. Applying the Health Belief Model across four European countries. *Appetite*, 2009, **52**, 452-460.
- [24] Verbeke W.: Functional foods: consumer willingness to compromise on taste and health. *Food Qual. Prefer.*, 2006, **17**, 126-131.

CONSUMER PERCEPTION OF BENEFITS OF CONSUMING HIGH QUALITY FOODS

S u m m a r y

The objective of this research study was to evaluate the consumer expectations as regards benefits of eating high quality food products. The respondents were classified on the basis of their opinions about the benefits of consuming such food products. Empirical data (n = 1003) were collected under the survey completed in November 2012. In the opinions of the respondents, the expected results of eating high-quality foods are: in the first place - well-being, boost in the confidence in foods, and the increased pro-health values of food. However, the increased expenditures on food were assessed at a medium level. The factors: place of residence, opinion on income, and gender differentiated the perception of benefits. Only the level of education and the opinion on income graded the classification of the respondents into homogeneous groups as regards the perception of the benefits when consuming high quality food products.

Key words: food, high quality, consumer, socio-demographic characteristics, perception of benefits 

MAŁGORZATA WRZOSEK, BEATA BILSKA,
DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA, KAROL KRAJEWSKI,
ANNA KONDRASZUK

OKREŚLENIE SKALI I PRZYCZYN STRAT ŻYWNOŚCI W HANDLU DETALICZNYM NA PRZYKŁADZIE MLEKA I JEGO PRZETWORÓW

Streszczenie

Celem pracy było oszacowanie wielkości i przyczyn strat żywności w handlu w kategorii produktów: mleko oraz jego przetwory. Badanie ankietowe przeprowadzono w 117 obiektach handlowych z obszaru województwa mazowieckiego (84 obiekty) oraz podkarpackiego (33 obiekty). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że największe ilościowe straty produktów mlecznych powstawały w sklepach dyskontowych, następnie w dużych sklepach osiedlowych i małych supermarketach. Natomiast najczęstszą przyczyną marnotrawstwa mleka i jego przetworów w handlu było przekroczenie terminu przydatności do spożycia (78 % strat odnotowanych w badaniu). Jak wskazują badania własne i dane literaturowe, eliminacja strat żywności w handlu wymagałaby opracowania procedur racjonalnego zagospodarowania produktów wycofywanych ze sprzedaży. Jednym z możliwych sposobów odzysku żywności jest jej przekazywanie do organizacji pozarządowych, zajmujących się redystrybucją do potrzebujących grup społecznych.

Słowa kluczowe: straty żywności, mleko i jego przetwory, przyczyny marnowania żywności, handel

Wprowadzenie

Marnotrawstwo i straty żywności są problemem globalnym. Raport Organizacji Narodów Zjednoczonych do Spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) podaje, że co roku na świecie wyrzuca się 1,3 mld ton żywności. W samej Europie straty sięgają od 20 do

*Mgr inż. M. Wrzosek, dr inż. B. Bilka, prof. dr hab. D. Kołozyn-Krajewska, mgr inż. A. Kondraszuk, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, dr inż. K. Krajewski, Katedra Ekonomii i Zarządzania, Collegium Mazovia Innowacyjna Szkoła Wyższa w Siedlcach, ul. Sokołowska 161, 08-110 Siedlce.
Kontakt: danuta_kolozyn_krajewska@sggw.pl*

30 % całego wolumenu, z czego 2/3 nadawałoby się jeszcze do spożycia. Szacuje się, że w Polsce marnuje się 9 mln ton żywności rocznie, co plasuje nasz kraj na piątej pozycji wśród krajów Unii Europejskiej (89 mln ton), tuż za Wielką Brytanią, Niemcami, Francją i Holandią [6]. Wśród produktów znajdujących się w ścisłej czołówce marnowanej żywności wyróżnia się warzywa, owoce oraz pieczywo [13]. Buzby i wsp. [3] oszacowali, że w USA straty świeżych owoców i warzyw w handlu wynoszą odpowiednio: 11,4 - 12 % i 9,7 - 10 %. Mówiąc o globalnym marnowaniu żywności należy zwrócić uwagę, że problem nie polega jedynie na ilości utraconej żywności, ale również dotyczy późniejszego postępowania z odpadami podczas ich składowania, sortowania i przetwarzania. Wszystkie te działania wywierają negatywny wpływ na środowisko naturalne [19]. Ponadto marnowanie żywności jest nieetyczne w kontekście liczby niedożywionych osób na świecie (blisko 1 mld ludzi) [14].

Buzby i wsp. [1], na podstawie badań przeprowadzonych w USA w 2008 r., oszacowali straty w handlu na poziomie 10 %. Zdaniem badaczy, główną przyczyną strat było magazynowanie zbyt dużych ilości towaru. Inne dane amerykańskie potwierdzają, że ponad 10 % żywności przeznaczonej do handlu zostaje wyrzucone. W przypadku supermarketów poziom strat danego asortymentu jest bardzo zróżnicowany i waha się od 0,6 do 63 % [9]. Natomiast badania przeprowadzone w krajach rozwiniętych wykazały, że handel odpowiada za ok. 5 % strat żywności [5].

Wśród głównych powodów warunkujących marnotrawienie żywności w obiektach handlowych wyróżnia się nadmierną ilość zamawianych i magazynowanych produktów spożywczych oraz standardy handlowe narzucające konieczność utrzymywania, zwłaszcza w sklepach wielkopowierzchniowych, „pełnych półek” w strefie sprzedaży. Działanie to ma na celu zasugerowanie konsumentom ciągłej rotacji produktów oraz utrzymania procedur kontroli jakości w trakcie magazynowania [18]. Badania dowodzą, że konsumenci bardziej preferują sklepy, w których mogą wybierać produkty spośród dużej liczby, np. chętniej wybierają warzywa i owoce z dużego stosu niż z kosza wypełnionego w niewielkim stopniu. Niestety, stworzenie takich warunków ekspozycji, jak również wcześniejsze zmagazynowanie nadmiernej ilości towarów, skutkuje licznymi uszkodzeniami mechanicznymi żywności sprzedawanej luzem lub w delikatnych opakowaniach. Co więcej, chęć sprostania wymaganiom konsumenta, co do kształtu, wielkości, barwy itp. różnych produktów i surowców żywnościowych skłania handlowców do stosowania restrykcyjnych norm, w wyniku których produkty odpowiednie do spożycia przez ludzi, a niespełniające oczekiwań, są odrzucane [2, 18]. Czynnikiem krytycznym, którego niedotrzymanie może skutkować marnotrawstwem żywności, jest trudność z utrzymaniem wymaganej ciągłości łańcucha chłodniczego. Wydłużenie kanałów logistycznych i związana z tym wysoka częstotliwość czynności rozładunkowo-załadunkowych może powodować uszkodzenia mecha-

niczne opakowań, przerwanie łańcucha chłodniczego oraz opóźnienie otrzymania żywności przez konsumenta [9].

Na podstawie badań przeprowadzonych w USA w 2008 r. stwierdzono, że największe straty w handlu i w gospodarstwach domowych dotyczyły: mięsa, drobiu, ryb (41 %), warzyw (17 %) i produktów mlecznych (14 %). W badaniach tych oszacowano, że w przeliczeniu na jednego konsumenta zmarnowaniu w handlu uległo 14 kg produktów mlecznych w ciągu roku [2].

Polski handel detaliczny jest obecnie zdecentralizowany, co przejawia się dużą liczbą placówek handlowych o małej i średniej wielkości (tradycyjne sklepy). Popularne są również sieci handlowe, które posiadają nowoczesne, wielkopowierzchniowe punkty sprzedaży [4]. Charakterystyczną cechą krajowego handlu detalicznego jest duży udział placówek o powierzchni do 99 m², które na koniec 2011 roku stanowiły ok. 46,5 %. Na drugiej pozycji pod względem powierzchni znalazły się sklepy o powierzchni powyżej 1000 m², których udział wyniósł 26,7 %. W strukturze powierzchni sprzedażowej sklepy o powierzchni od 100 do 399 m² i od 400 do 999 m² zajmowały odpowiednio: 13,2 i 13,6 %. Jednak w ostatnich latach można zaobserwować coraz większą koncentrację handlu mierzoną udziałami wiodących firm, jak również systematyczny przyrost powierzchni sprzedażowej [16].

Ze względu na złożoność czynników warunkujących proces marnowania żywności, takich jak długość łańcucha żywnościowego „od pola do stołu” czy różnorodność asortymentową produktów spożywczych, ilościowe określenie skali marnowanej żywności jest bardzo trudne. Dlatego też, jak dotąd, było prowadzonych niewiele badań z tego zakresu [13].

Przedstawione w opracowaniu badania własne są pierwotnymi badaniami z zakresu oszacowania skali marnowania żywności w handlu na przykładzie województw mazowieckiego i podkarpackiego.

Celem pracy była analiza skali i przyczyn strat żywności w handlu w kategorii produktów: mleko oraz jego przetwory. Artykuły te charakteryzują się wysoką wartością odżywczą i są powszechnie spożywane przez konsumentów. Miesięczny procentowy udział mleka, jogurtów, napojów mlecznych, sera, śmietany, śmietanki i masła w strukturze spożycia artykułów żywnościowych wynosi 12,5 %. Analizując budżety gospodarstw domowych z 2012 roku można stwierdzić, że przeciętny miesięczny poziom wydatków na mleko i jego przetwory względem ogółu wydatków przeznaczonych na żywność wynosi 12,8 % na 1 osobę. Z uwagi na wysoki poziom konsumpcji tych artykułów stanowią one ważną grupę towarów w strukturze sprzedaży. Jak wskazują dane GUS: mleko, jaja i sery stanowiły 13 % w strukturze sprzedaży detalicznej artykułów żywnościowych [20].

Material i metody badań

Badania przeprowadzono w latach 2012 i 2013 w 117 obiektach handlowych na terenie województwa mazowieckiego (84 obiekty) oraz podkarpackiego (33 obiekty). Badaniem zostały objęte: sklepy zlokalizowane na bazarach (18), małe sklepy osiedlowe (powierzchnia do 49 m²) (52), duże sklepy osiedlowe (powierzchnia do 99 m²) (8), małe supermarkety (powierzchnia od 160 do 400 m²) (23), sklepy dyskontowe (powierzchnia od 800 do 1000 m²) (13), sklepy sieciowe typu convenience (powierzchnia od 100 do 260 m²) (2), supermarkety (powierzchnia od 400 do 2499 m²) (1). Dobór próby badawczej był losowy, a ostateczna jej wielkość stanowiła ok. 0,18 % wszystkich obiektów handlu detalicznego z terenu województwa mazowieckiego (46,1 tys. sklepów) i podkarpackiego (17,1 tys. sklepów) [17]. Wybór rodzaju badanych produktów był celowy i uzasadniony faktem, że jedną z głównych gałęzi rolnictwa w Unii Europejskiej, w tym również w Polsce, jest produkcja mleka [11].

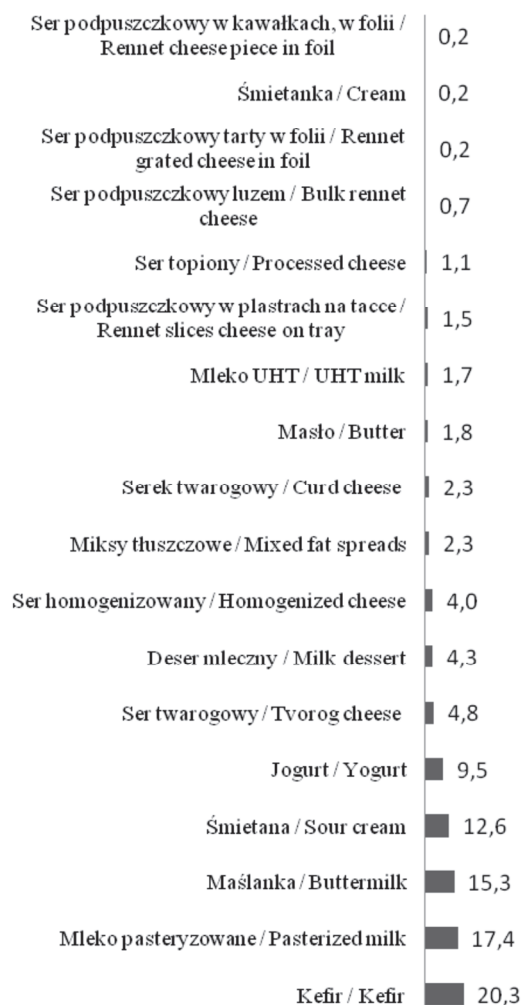
Opracowany został kwestionariusz wywiadu, który był wypełniany przez przeszkolonych ankieterów. Kwestionariusz wywiadu zbudowany był z dwóch części. Pierwsza miała na celu zebranie podstawowych danych ilościowych dotyczących wielkości i częstotliwości dostaw poszczególnych grup nabiału i według rodzajów opakowań. Druga część kwestionariusza dotyczyła poziomu ponoszonych strat (straty ogółem, uszkodzenia, przeterminowania, inne). W kwestionariuszu znajdowała się również metryczka opisująca rodzaj badanego obiektu oraz jego lokalizację.

Wyniki i dyskusja

Produktami nabiałowymi charakteryzującymi się najwyższym udziałem w stratach nabiału w handlu detalicznym były: kefir (20,3 %), mleko pasteryzowane (17,4 %), maślanka (15,3 %) i śmietana (12,6 %). Najmniejsze straty odnotowano w przypadku serów podpuszczkowych w folii (0,16 %) oraz serów podpuszczkowych tartych pakowanych (0,19 %) (rys. 1). Wśród prawdopodobnych czynników warunkujących zaobserwowany poziom strat można wyróżnić wytrzymałość mechaniczną opakowań oraz długość terminu przydatności do spożycia. W przypadku kefirów, maślanek i śmietany stosowane są opakowania w formie kubeczków przykrytych aluminiowym wieczkiem („platiną”). W przypadku mleka pasteryzowanego częstą formą opakowania jest folia lub butelka z tworzywa sztucznego. Wymienione opakowania charakteryzują się mniejszą wytrzymałością podczas transportu produktów, jak również podczas ekspozycji w strefie sprzedaży. Jak stwierdzili Parfitt i wsp. [15], nieodpowiednie opakowania łatwo ulegające uszkodzeniom należą do częstych przyczyn strat żywności w handlu detalicznym.

Czynnikiem różnicującym produkty marnowane w największym stopniu od asortymentu o niskim udziale strat jest długość terminu przydatności do spożycia. Jogurty,

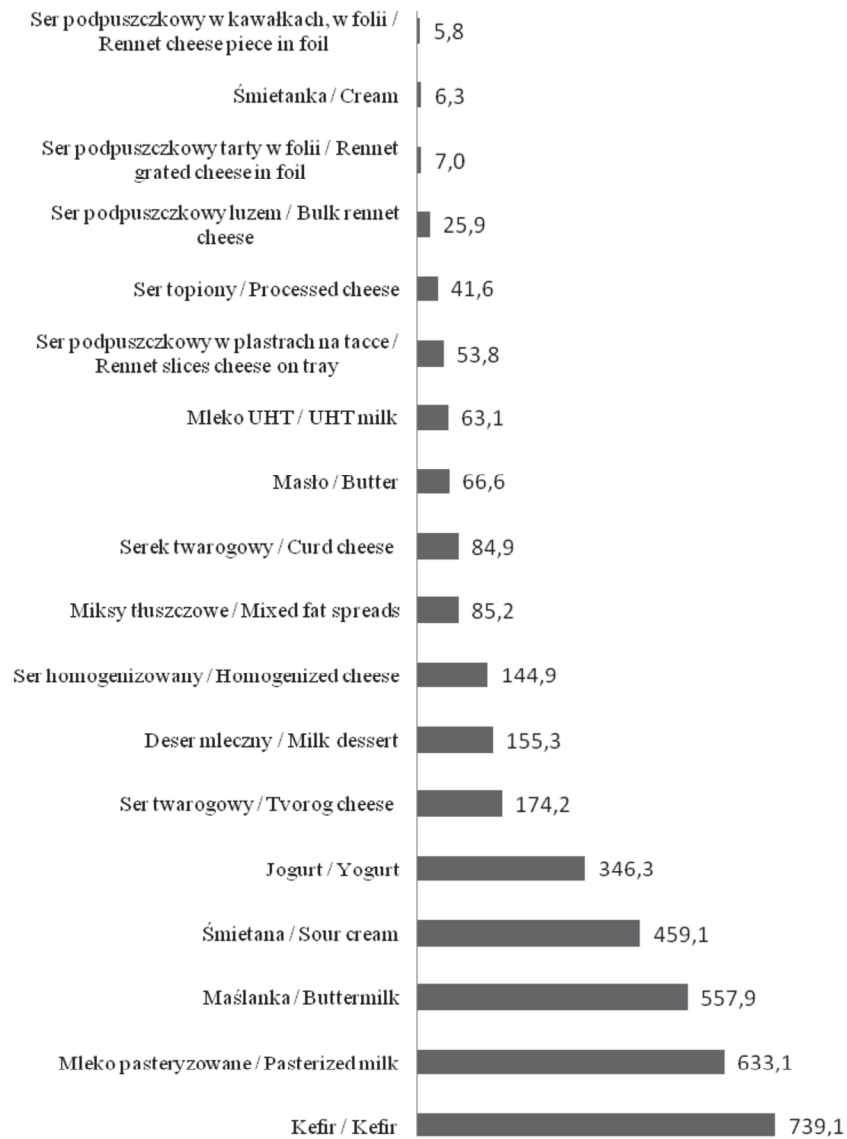
maślanki, kefiry, śmietany charakteryzują się ok. 2 ÷ 3 - tygodniowym terminem przydatności do spożycia, zaś sery podpuszczkowe pakowane charakteryzują się prawie trzymiesięczną datą minimalnej trwałości.



Rys. 1. Udział poszczególnych artykułów w stratach przetworów mlecznych ponoszonych w handlu detalicznym [%].

Fig. 1. Content rate of individual products in losses of dairy products occurring in retail trade [%].

Łączna ilość zmarnowanego nabiału we wszystkich obiektach handlowych objętych badaniem wynosiła w ujęciu miesięcznym ok. 740 kg w przypadku kefiru, 633 l mleka pasteryzowanego, 558 kg maślanki i 459 kg śmietany (rys. 2).



Rys. 2. Ogólna ilość marnowanych produktów nabiałowych we wszystkich badanych obiektach handlowych [kg/miesiąc].

Fig. 2. Total amount of wasted dairy products in all analyzed commercial facilities [kg/month].



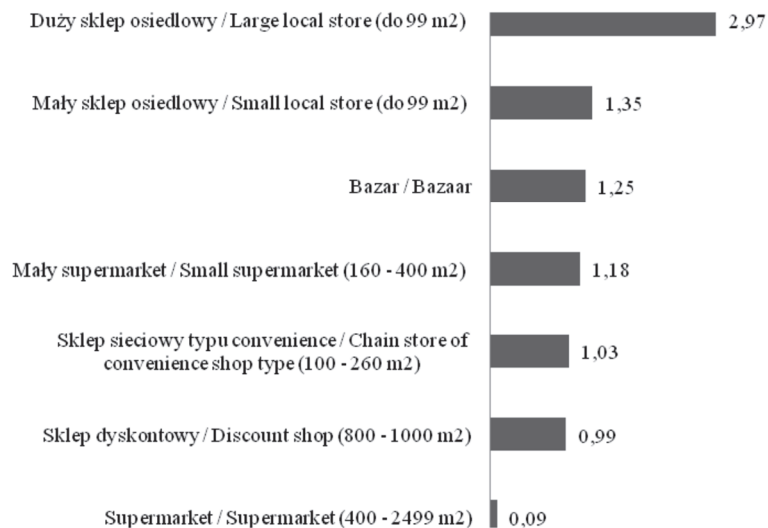
Rys. 3. Średni poziom strat nabiału względem wielkości dostaw [%].

Fig. 3. Mean level of losses of dairy products compared to amounts supplied [%].

Podobne wyniki otrzymali Griffin i wsp. [8], którzy wykazali, że jeden duży sklep spożywczy marnuje ok. 181,5 kg żywności tygodniowo (726 kg żywności miesięcznie). Próbę badawczą stanowiły 4 sklepy ogólnospożywcze, 3 małe sklepy spożywcze oraz 2 supermarkety.

Jak wykazały badania własne, średni poziom strat w przypadku poszczególnych grup nabiału, wyliczany w relacji do poziomu dostaw, wahał się od 0,6 % (mleko UHT) do 4,4 % (maślanka). Uśredniając otrzymane wyniki, miesięczny poziom strat nabiału w stosunku do wielkości dostaw wynosił 2,7 % (rys. 3).

W danej kategorii obiektów handlowych objętych badaniem średni miesięczny poziom strat nabiału oscylował od 0,09 % (supermarkety) do 2,97 % (duże sklepy osiedlowe) (rys. 4). Wielkość ponoszonych strat była odwrotnie proporcjonalna do wielkości sklepu.



Rys. 4. Średni poziom strat nabiału w danej kategorii obiektów handlowych objętych badaniem [%].

Fig. 4. Mean level of losses of dairy products in individual groups of commercial facilities surveyed [%].

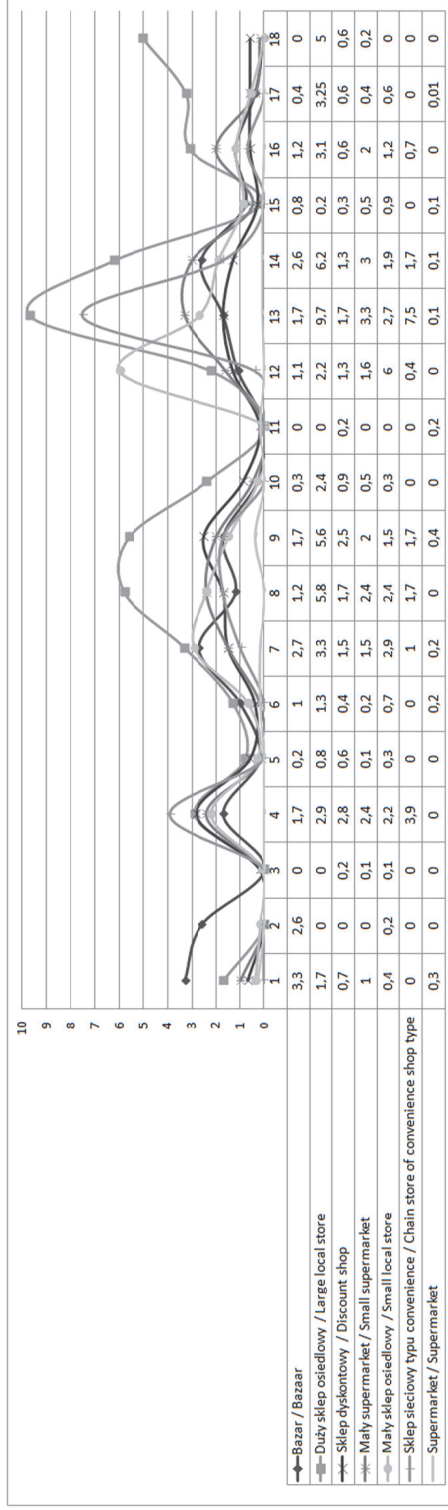
w sklepach zlokalizowanych na bazarach zmarnowało się najwięcej serów podpuszczkowych plasterkowanych pakowanych (3,3 %) oraz serów podpuszczkowych sprzedawanych luzem (2,6 %) (rys. 5). W przypadku małych sklepików osiedlowych, w porównaniu z innymi obiektami handlowymi, zmarnowało się najwięcej serków homogenizowanych (6 %) oraz masła (0,9 %). Natomiast w sklepach sieciowych typu convenience straty śmietany i maślanki wyniosły odpowiednio: 3,9 i 7,5 %. Wśród wszystkich obiektów handlowych ujętych w badaniu, największy średni poziom strat

żywności wyliczany w stosunku do wielkości zamówienia wystąpił w dużych sklepach osiedlowych. W tych placówkach największy poziom strat dotyczył kolejno: maślanek, kefiru, deserów mlecznych, pakowanych, tartych serów podpuszczkowych, serów twarogowych, miksów tłuszczowych, serków twarogowych, śmietany, mleka pasteryzowanego oraz śmietanki (rys. 5).

Podobne wyniki otrzymał Jones [10], który wykazał, że straty żywności w obszarze handlu w dużej mierze zależą od rodzaju sklepu, jego powierzchni oraz asortymentu. We wszystkich obiektach handlu detalicznego objętych badaniem średni poziom marnowanej żywności wynosił ok. 5,63 % całkowitej ilości będącej w obrocie (zapasy, strefa sprzedaży). Uszczegóławiając, w obiektach typu convenience poziom strat wynosił średnio ok. 26,33 %, natomiast dla porównania, w przypadku supermarketów wartość ta wynosiła zaledwie ok. 0,76 % [10]. Inne badania dotyczące ilości wszystkich odpadów powstających w sklepach i restauracjach wykazały, że żywność stanowiła od 7 do 9 kg/1m² powierzchni obiektu. W przypadku obiektów o małej powierzchni współczynnik całkowitej masy produkowanych odpadów do powierzchni sklepu był większy niż w dużych obiektach [15].

Po przeliczeniu strat odnotowanych w badaniu (100 %) na jeden obiekt handlowy wykazano, że największa masa marnowanej żywności powstawała w sklepach dyskontowych (64 %), następnie - w dużych sklepach osiedlowych (14 %) i małych supermarketach (11 %). Straty powstałe w takich obiektach handlowych, jak sklepy typu convenience, supermarkety, bazyry stanowiły po 3 % całego wykazanego w badaniach wolumenu marnowanej żywności. Najmniejsze straty wystąpiły w małych sklepach osiedlowych (2 %). Można zatem sformułować wniosek, że im większa ilość towaru znajduje się w obrocie, tym większy jest poziom strat (wyjątek stanowił supermarket).

Istotnym zagadnieniem są również przyczyny ponoszonych strat. Po uśrednieniu zebranych wyników, w przypadku wszystkich obiektów objętych badaniem, najczęstszą przyczyną marnowania nabiału było przekroczenie terminu przydatności do spożycia (78 %), natomiast uszkodzenia mechaniczne opakowań stanowiły 22 % przypadków. W sklepach dyskontowych uszkodzenia mechaniczne opakowań stanowiły aż 90 % ogółu ponoszonych strat, natomiast odrzucenie partii żywności wynikające z upływu terminu przydatności do spożycia stanowiło zaledwie 10 %. Struktura przyczyn marnowania żywności może świadczyć o wdrożeniu przez sklepy dyskontowe procedur i systemów, które gwarantują brak zalegania towarów w magazynie. Liczne uszkodzenia opakowań mogą wskazywać na przeładowanie półek ekspozycyjnych, zbyt małą powierzchnię sklepów i przylegających do nich magazynów. Uszkodzenia opakowań sprzedawanej żywności mogą być również efektem nieumyślnego uszkodzenia przez konsumentów podczas zakupów. Szczególnie podatne na zniszczenie są opakowania w formie kubeczków z tworzywa sztucznego z wieczkiem ze zgrzewanej folii aluminiowej [12].



Rys. 5. Średni poziom strat poszczególnych grup nabiału z uwzględnieniem miejsca sprzedaży [%].

Fig. 5. Mean level of losses of individual groups of dairy products based on commercial facility [%].

Objaśnienia / Explanatory notes:

- | | |
|---|--|
| 1 – Ser podpuszczkowy w plastrach, na tacy / Rennet cheese slices on tray | 11 – Mleko UHT / UHT milk |
| 2 – Ser podpuszczkowy luzem / Bulk rennet cheese | 12 – Ser homogenizowany / Homogenized cheese |
| 3 – Ser podpuszczkowy w kawałkach, w folii / Rennet cheese piece in foil | 13 – Masłanka / Buttermilk |
| 4 – Śmietana / Sour cream | 14 – Kefir / Kefir |
| 5 – Śmietanka / Cream | 15 – Masło / Butter |
| 6 – Mleko pasteryzowane / Pasteurized milk | 16 – Serek twarogowy / Curd cheese |
| 7 – Ser twarogowy / Tvorog cheese | 17 – Miksy tłuszczowe / Fats mix spreads |
| 8 – Jogurt / Yogurt | 18 – Ser podpuszczkowy tarty, w folii / Rennet cheese grated in foil |
| 9 – Deser mleczny / Milk dessert | |
| 10 – Ser topiony / Processed cheese | |

Należy podkreślić, że w ciągu ostatnich pięciu lat liczba dyskontów w Polsce wzrosła o blisko 80 % i, jak wskazuje raport "Handel detaliczny artykułami spożywczymi w Polsce 2012. Analiza rynku i prognozy rozwoju na lata 2013-2015", pozostaną one wiodącym pod względem tempa rozwoju segmentem rynku [16]. A zatem ograniczenie strat żywności w tych sklepach, ze względu na ich dużą liczbę na terenie Polski, jest szczególnie istotne.

W dużych i małych sklepach osiedlowych przeważającą przyczyną powstawania strat żywności było przekroczenie terminu przydatności do spożycia (odpowiednio: 74 i 78 %). Stan ten może być efektem zbyt długiego przetrzymywania żywności w strefie magazynowej i ekspozycyjnej, ze względu na niskie obroty sklepów osiedlowych, jak również brak procedur z zakresu zarządzania łańcuchem dostaw. Przy braku systemu automatycznych zamówień oraz szacowania wielkości dostaw może dochodzić do nieuwzględnienia zalegającej w sklepie żywności.

Jak podaje brytyjska organizacja Waste and Resources Action Programme, powodem strat żywności w obszarze handlu jest brak współpracy pomiędzy sprzedawcami i dostawcami, a zatem nieefektywne zarządzanie łańcuchem dostaw. Sugeruje się, że wzajemne uzgadnianie i modelowanie zamawianych ilości, prowadzenie terminowych dostaw oraz wzajemny nadzór (audyty zewnętrzne) mogą ograniczyć ponoszone straty nawet o ok. 1,4 tony żywności [7]. Innym powodem strat jest częste organizowanie w sklepach różnych form promocji (np. „dwa w cenie jednego”), co nie tylko skłania konsumentów do robienia niepotrzebnych i nieprzemysłanych zakupów, ale też może przyczyniać się do przeładowania obszarów magazynowych towarem, który zalega [9].

Mimo złożoności przyczyn i wieloaspektowości zjawiska wiele dużych światowych firm zajmujących się handlem i obrotem żywnością zauważa problem marnowania żywności i stara się mu przeciwdziałać. Jako jeden z przykładów można wymienić sieć sklepów Berkeley (z Kalifornii), która po okazyjnych cenach sprzedaje żywność o bliskim terminie upływu przydatności do spożycia. Sieć brytyjskich sklepów Tesco i Marks & Spencer powszechnie korzysta z pochłaniaczy etylenu, dzięki którym przedłużana jest świeżość pakowanych owoców i warzyw. Innym przykładem są działania Musgrave Group i United Biscuits (firm pochodzących również z Wielkiej Brytanii), które dzięki wprowadzeniu długoterminowych prognoz i systemu powszechnego informowania klientów, jaki asortyment będzie znajdował się w sprzedaży, ograniczyli ponoszone straty w grupie produktów promocyjnych o 13 % [9].

Dzięki intensywnym działaniom Polskiej Federacji Banków Żywności (PFBŻ) oraz działającej przy niej Radzie do Spraw Racjonalnego Gospodarowania Żywnością, problem marnowania żywności jest zauważany również w Polsce. Do tej pory działania ograniczały się jedynie do pojedynczych kampanii (np. „Nie marnuj jedzenia! Myśl ekologicznie” – projekt FPBŻ, mający na celu edukację konsumentów) oraz na poja-

wieniu się pojedynczych artykułów naukowych o charakterze przeglądowym. Za pierwszy innowacyjny projekt w skali kraju można uznać „Model ograniczenia strat i marnowania żywności z korzyścią dla społeczeństwa” realizowany w ramach I konkursu „Innowacje Społeczne” Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Celem projektu jest opracowanie i wdrożenie do podmiotów w łańcuchu żywnościowym procedur ograniczenia strat żywności na rzecz społeczeństwa, na przykładzie sektora mleczarskiego. Realizacja projektu umożliwi wprowadzenie nowatorskiego podejścia do budowania społecznej odpowiedzialności wśród wszystkich uczestników łańcucha żywnościowego oraz zwiększenia społecznej świadomości w zakresie strat żywności w Polsce.

Uzyskane wyniki badań własnych, jak też dane literaturowe w pełni potwierdzają potrzebę prowadzenia dalszych badań z zakresu marnowania żywności w Polsce na wszystkich etapach łańcucha „od pola do stołu”.

Wnioski

1. Najczęstszą przyczyną marnotrawstwa mleka i jego przetworów w handlu detalicznym jest przekroczenie terminu przydatności do spożycia, co może wskazywać na brak procedur i/lub systemów gwarantujących niezaleganie asortymentu w strefie magazynowania i ekspozycji.
2. Największy poziom strat w przeliczeniu na 1 obiekt handlowy, względem wielkości dostaw, powstaje w sklepach dyskontowych, co może wynikać ze sposobu ekspozycji towarów (brak odpowiednich regałów, palety między regałami), ograniczonej roli obsługi w strefie sprzedaży oraz małych powierzchni magazynowych. Ponadto, sklepy dyskontowe charakteryzują się sprzedażą produktów szybko rotujących o relatywnie dużych opakowaniach jednostkowych.
3. Jak wskazują badania własne i dane literaturowe, eliminacja strat żywności w handlu wymagałaby opracowania procedur racjonalnego zagospodarowania produktów wycofywanych ze sprzedaży. Jednym z potencjalnie możliwych sposobów odzysku żywności, jest jej przekazanie do organizacji pozarządowych, zajmujących się redystrybucją do potrzebujących grup społecznych.

Badania pilotażowe wykonane przed aplikowaniem do I konkursu „Innowacje Społeczne” Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

- [1] Buzby J.C., Hyman J., Stewart H., Wells H.F.: The value of retail - and consumer - level fruit and vegetable losses in the United States. *J. Consum. Aff.*, 2011, **46 (3)**, 492-515.
- [2] Buzby J.C., Hyman J.: Total and per capita value of food loss in the United States. *Food Policy*, 2012, **37**, 561-570.

- [3] Buzby J.C., Wells H.F., Axtman B., Mickey J.: Supermarket Loss Estimates for Fresh Fruit, Vegetables, Meat, Poultry, and Seafood and Their Use in the ERS Loss-Adjusted Food Availability Data. USDA, Economic Research Service, Economic Information Bulletin, 2009, **44**.
- [4] Domański T.: Retail in Poland new challenges and new strategies. *Eur. Retail Res.*, 2011, **25 (201)**, 141-180.
- [5] Eriksson M., Strid I., Hansson P. A.: Food losses in six Swedish retail stores: Wastage of fruit and vegetables. In relation to quantities delivered. *Resources, Conservation and Recycling*, 2012, **68**, 14-20.
- [6] FAO. Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. Study conducted for the International Congress Save food at Interpack, Düsseldorf 2011.
- [7] Final Report. Reducing Food Waste through Retail Supply Chain Collaboration. [online]. WRAP. Dostęp w Internecie: [15.09.2013],
- [8] http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/WRAP_IGD_supply_chain_report.pdf.
- [9] Griffin M., Sobal J., Lyson T.A.: An analysis of a community food waste stream. *Agric. Hum.*, 2009, **26**, 67-81.
- [10] Gunders D.: Wasted: How America Is Losing Up to 40 Percent of Its Food from Farm to Fork to Landfill. [online]. Natural Resources Defense Council. Dostęp w Internecie: [14.09.2013], <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/briggs1/docs/wasted-food-ip.pdf>.
- [11] Jones T.W.: Using Contemporary Archaeology and Applied Anthropology to Understand Food Loss in the American Food System. Bureau of Applied Research in Anthropology, University of Arizona, 2006.
- [12] Leszyk A.: Rzeka pełna mleka. [online] Przegląd. Dostęp w Internecie: [12.09.2013], <http://www.przegląd-tygodnik.pl/pl/artykul/rzeka-pelna-mleka>.
- [13] Lisińska-Kuśnierz M., Ucherek M.: Współczesne opakowania. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2003.
- [14] Melikoglu M., Sze Ki Lin C., Webb C.: Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content. *Cent. Eur. J. Eng.*, 2013, **3 (2)**, 157-164.
- [15] Nellman C., MacDevette M., Manders T., Eickhout B., Svikus B., Prins A.G., Kaltenborn B.P.: The environmental food crisis – The environment's role in averting future food crises. A UNEP Rapid Response. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, Norway 2009, February.
- [16] Parfitt J., Barthel M., Macnaughton S.: Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Phil. Trans. R. Soc.*, 2010, **365**, 3065-308.
- [17] Raport: Handel detaliczny artykułami spożywczymi w Polsce 2012. Analiza rynku i prognozy rozwoju na lata 2013-2015. [online] Dostęp w Internecie: [12.09.2013], <http://biznes.onet.pl/rynek-spozywczy-w-polsce-urosnie-w-12-o-25-proc-do,48006,5325225,office365-detal>.
- [18] Rynek wewnętrzny w 2011 r. Informacje i opracowania statystyczne. [online]. GUS Dostęp w Internecie: [14.09.2013], <http://www.stat.gov.pl>.
- [19] Schneider F.: Wasting Food Internecie An Insistent Behaviour. International Conference Waste. The Social Context '08. Urban Issues & Solutions, Edmonton, Alberta, Canada 2008, 11-15 may.
- [20] Wrzosek M., Kołożyn-Krajewska D., Krajewski K.: Nieracjonalne wykorzystanie żywności – perspektywa globalna i odpowiedzialności społecznej, *Prace Studentów i Młodych Pracowników Nauki. Teoria i praktyka zarządzania przedsiębiorstwem. Wybrane zagadnienia*. 2012, Zeszyt IV, pp. 59-72.
- [21] WZ_budzety_gospodarstw+domowych_w_2012 [on line] GUS. Dostęp w Internecie [14.02.2014], <http://www.stat.gov.pl>.

DETERMINING SCALE AND CAUSES OF FOOD LOSSES IN TRADE EXEMPLIFIED BY MILK AND ITS PRODUCTS

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the causes and to estimate the size of food losses occurring in milk and its products in trade. The questionnaire survey was conducted in 117 shopping centres located in the Mazovian (84 objects) and Podkarpackie Provinces (33 objects). Based at the results obtained, it was found that the largest quantitative losses of dairy products occurred in the discount stores, next, in the large local stores, and in the small supermarkets. The most common wastage cause of milk and its products in trade was the exceeded shelf life (78 % of all the losses reported in the survey). Based on the authors' own research and reference data contained in Literature, it would be necessary, in order to eliminate food losses in trade, to develop rational management procedures of foods withdrawn from sale. One of the ways to recover foods is donating it to non-governmental organizations dealing with the redistribution of excess food to the social groups, which need it.

Key words: food losses, milk and its products, causes of food wastage, trade ☒

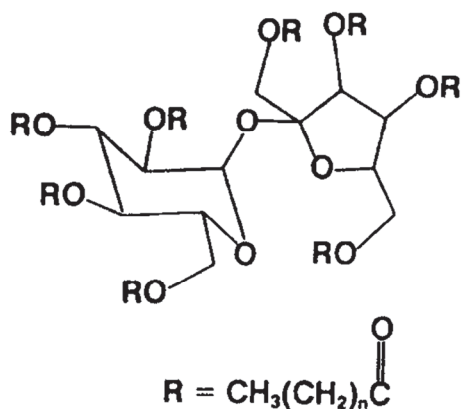
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA

INTERAKCJE SKŁADNIKÓW ŻYWNOŚCI

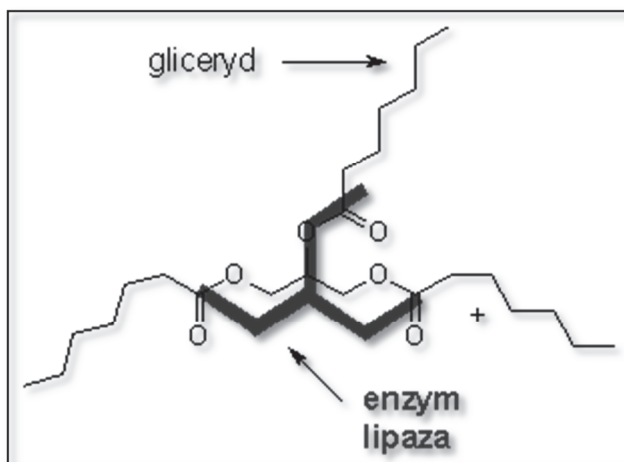
Prezentujemy 20. część cyklu nt.: „Interakcje składników żywności”. Druk materiałów z tego cyklu rozpoczęliśmy w Żywności nr 1 (74), 2011.

Nadmiar masy ciała jest skorelowany ze zwiększoną umiarkowaniem ludzi. Jest to choroba ogólnoustrojowa. Wynika z nadmiaru energii pobieranej z pożywienia. Warto pamiętać, że 1 g tłuszczu dostarcza ponad dwukrotnie więcej energii niż 1 g węglowodanów. Naturalnym zjawiskiem jest ograniczenie spożycia tłuszczów, co nie jest łatwe, ponieważ są one znakomitym nośnikiem substancji o pożądanych właściwościach smakowo-zapachowych. Stosowanie w żywieniu produktów zastępujących tłuszcz jest uzasadnione, chociaż nie pozbawione pewnego ryzyka zdrowotnego. Przykładem takiego produktu jest „Olestra”, która jest oktaacylosacharozą (rys. 1). Charakteryzuje się wysoką temperaturą rozkładu, jest nietoksyczna i podobna do tłuszczu. Może być stosowana zamiast niego w przekąskach, do smażenia mięsa i frytek. Z powodu wielkości cząsteczki nie tworzy aktywnego kompleksu z centrum aktywnym lipazy, nie jest więc przez nią hydrolizowana. Przechodzi niezmienną przez przewód pokarmowy. Jej wartość energetyczna jest praktycznie równa zero. Czy to oznacza, że jest ona całkowicie bezpieczna pod względem żywieniowym? W kontekście interakcji składników żywności z lekami odpowiedzmy na stwierdzenie, że „Olestra” ogranicza wchłanianie witaminy A. Wyjaśnienia wymaga zaliczenie witaminy A do leków. Dieta Polaków na ogół zawiera odpowiednią ilość witaminy A, dostarczanej w formie retinolu pochodzącego z produktów zwierzęcych oraz w formie beta-karotenu występującego w produktach roślinnych. Niekiedy jednak jest stosowana w maściach jako lek pobudzający ziarninowanie, czyli uzupełnianie przez tkankę łączną ubytków i uszkodzeń tkanek niezdolnych do odrostu. Może również być stosowana jako suplement w niektórych stanach fizjologicznych. Chcąc uzyskać odpowiedź na postawiony problem, konieczne jest wyjaśnienie interakcji pomiędzy „Olestrą” i witaminą A. „Olestra”, tłuszcze i witamina A są substancjami lipofilnymi, czyli nierozpuszczalnymi w wo-

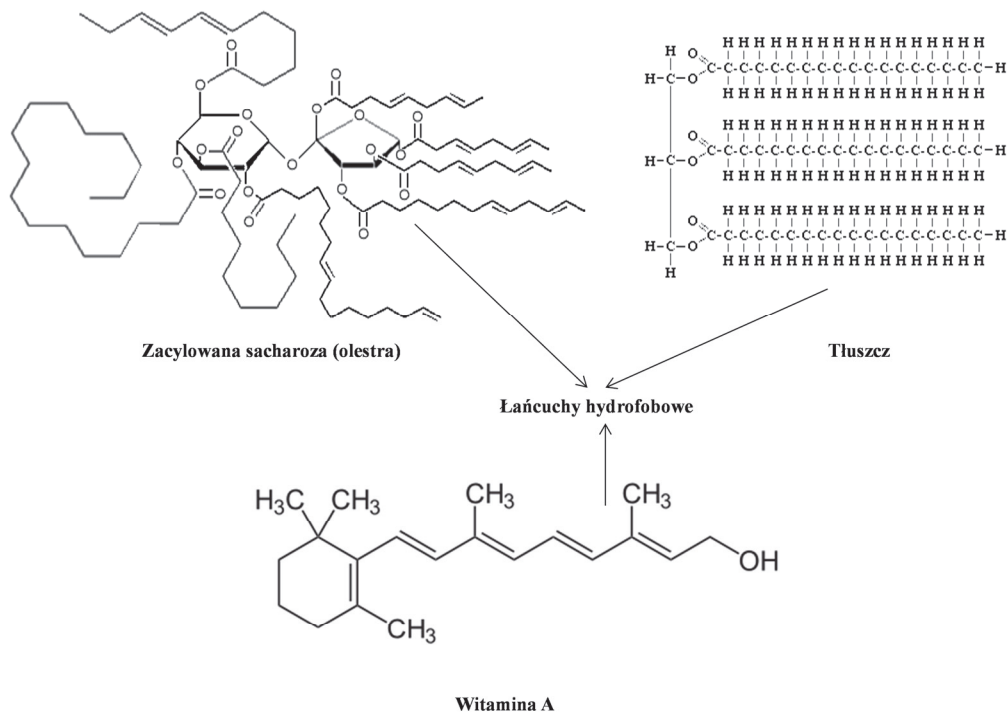
dzie. Obecność w ich składzie łańcuchów hydrofobowych prowadzi do tworzenia kompleksów utworzonych przez oddziaływania hydrofobowe (rys. 2). Z analizy struktury „Olestry”, będącej estrem sacharozy i kwasów tłuszczowych, oraz tłuszczu, będącego estrem glicerolu i kwasów tłuszczowych, wynika, że „Olestra” jest mniej hydrofobowa niż tłuszcz i ma inną konformację. Jest to efekt większej liczby grup hydroksylowych w „Olestrze”, pochodzących z sacharozy. Fakt ten implikuje różne proporcje witaminy A w kompleksach z „Olestrą” i tłuszczem. Poza tym należy pamiętać, że



Rys. 1. Wzór strukturalny OLESTRY.



Rys. 2. Nieaktywny kompleks zacylowanej sacharozy (OLESTRY) z lipazą.



Rys. 3. Wzory strukturalne zacylowanej sacharozy, tłuszczu i witaminy A.

tłuszcze są hydrolizowane w przewodzie pokarmowym człowieka, co powoduje rozbięcie kompleksów tłuszcz-witamina A, przyczyniając się tym samym do łatwiejszego wchłaniania witaminy A na zasadzie dyfuzji. „Olestra” nie jest hydrolizowana w przewodzie pokarmowym człowieka, co powoduje że skompleksowana z nią witamina A jest wydalana z organizmu. Wynika z tego, że w przypadku stosowania „Olestry” jako zamiennika tłuszczu w diecie należy pamiętać o obniżonej podaży witaminy A. Ten rodzaj interakcji składnika żywności z lekiem można zaliczyć do kategorii „zmniejszania wchłaniania leku przez składnik diety”. ☒

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOSCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP i Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 30 kwietnia 2014 r.

Polskie akty prawne

1. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 25 sierpnia 2004 r. w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii (Dz. U. 2014 r., poz.227).
Akt prawny zawiera jednolity tekst rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 25 sierpnia 2004 r. w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii. Niniejsze rozporządzenie dotyczy ustalenia terytorialnego zakresu działania oraz siedziby:
 - powiatowych lekarzy weterynarii,
 - granicznych lekarzy weterynarii.
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 18 kwietnia 2012 r. w sprawie krajowych laboratoriów referencyjnych (Dz. U. 2014 r., poz. 256).
Ogłoszono jednolity tekst rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 18 kwietnia 2012 r. w sprawie krajowych laboratoriów referencyjnych. Rozporządzenie to określa krajowe laboratoria będące krajowymi laboratoriami referencyjnymi, o których mowa w art. 33 ust. 1 rozporządzenia (WE) nr 882/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 29 kwietnia 2004 r. w sprawie kontroli urzędowych przeprowadzanych w celu sprawdzenia zgodności z prawem paszowym i żywnościowym oraz regułami dotyczącymi zdrowia zwierząt i dobrostanu zwie-

- rząt (Dz. Urz. UE L 165 z 30.04.2004, str. 1, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 3, t. 45, str. 200).
3. Ustawa z dn. 22 lipca 2006 r. o paszach (Dz. U. 2014 r., poz.398).
Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dn. 22 lipca 2006 r. o paszach.
 4. Ustawa z dn. 27 sierpnia 2003 r. o weterynaryjnej kontroli granicznej (Dz. U. 2014 r., poz. 424).
Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dn. 27 sierpnia 2003 r. o weterynaryjnej kontroli granicznej.
 5. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 30 września 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej soków i nektarów owocowych (Dz. U. 2014 r., poz. 494).
Ogłoszono jednolity tekst rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 30 września 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej soków i nektarów owocowych. Rozporządzenie to określa szczegółowe wymagania w zakresie jakości handlowej następujących wyrobów:
 - soków owocowych,
 - soków owocowych odtworzonych z zagęszczonego soku owocowego,
 - soków owocowych zagęszczonych (koncentratów owocowych, koncentratów soków owocowych),
 - soków owocowych w proszku,
 - nektarów owocowych,
 - soków owocowych wyprodukowanych z użyciem ekstrakcji wodnej.
 6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 9 października 2007 r. w sprawie składu oraz oznakowania suplementów diety (Dz. U. 2014 r., poz. 453).
Ogłoszono jednolity tekst rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 9 października 2007 r. w sprawie składu oraz oznakowania suplementów diety.
 7. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 5 marca 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu przejść granicznych właściwych dla przeprowadzania granicznej kontroli sanitarnej (Dz. U. 2014 r., poz. 356).
Ustalono nowy wykaz przejść granicznych, przez które środki spożywcze oraz materiały lub wyroby przeznaczone do kontaktu z żywnością, podlegające granicznej kontroli sanitarnej, mogą być wprowadzane na terytorium Unii Europejskiej.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 98/2014z dn. 3 lutego 2014 r. zmieniające załączniki II i III do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr

110/2008 w sprawie definicji, opisu, prezentacji, etykietowania i ochrony oznaczeń geograficznych napojów spirytusowych (Dz. Urz. UE L, 2014 r. Nr 33. s. 3).

Dokonana zmiana wprowadziła m.in. możliwość użycia określenia "dry" w odniesieniu do kategorii napoju spirytusowego "London gin", który nie może zawierać dodatku substancji słodzących w ilości przekraczającej 0,1 grama cukrów na litr. Dla kategorii napojów spirytusowych "gin" oraz "gin destylowany" nie ustanowiono limitu dotyczącego dodawania substancji słodzących. Jeżeli jednak "gin" oraz "gin destylowany" produkowane są bez cukru lub z zawartością cukrów nieprzekraczającą 0,1 grama na litr, należy rozszerzyć możliwość użycia określenia "dry" na te napoje spirytusowe.

W celu poinformowania konsumenta o rzeczywistym charakterze produktu "Polska wódka/Polish Vodka" oraz "Originali lietuviškade gīn/Original Lithuanian vodka" etykieta tego rodzaju wódki powinna zawierać nazwę handlową "wódka smakowa" lub "wódka" z podaniem dominującego smaku.

Napoje spirytusowe, które nie spełniają wymogów rozporządzenia (WE) nr 110/2008 wraz ze zmianami mogą nadal być wprowadzane do obrotu do wyczerpania zapasów. Etykiety wydrukowane przed datą wejścia w życie niniejszego rozporządzenia mogą nadal być wykorzystywane do dnia 31 grudnia 2015 r.

2. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 217/2014 z dn. 7 marca 2014 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 w odniesieniu do salmonelli w tuszach wieprzowych (Dz. Urz. UE L, 2014 r. Nr 69. s. 93).

W rozporządzeniu ustanowiono nowe kryteria mikrobiologiczne dotyczące niektórych mikroorganizmów oraz przepisy wykonawcze obowiązujące podmioty prowadzące przedsiębiorstwo spożywcze w odniesieniu do ogólnych i szczegółowych zasad higieny dla środków spożywczych, o których mowa w art. 4 rozporządzenia (WE) nr 852/2004, w szczególności kryterium higieny procesu dotyczące salmonelli w tuszach wieprzowych w celu kontroli zanieczyszczenia podczas uboju. ☒

NOWE KSIĄŻKI

Poprawa jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego żywności i pasz poprzez mikrobiologiczną eliminację mikotoksyn fuzaryjnych

Gwiazdkowska D.

Wydawnictwo: Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, 2014 rok, ISBN 978-83-7417-799-3, stron 224, cena 25,65 zł

Zamówienia: www.ksiegarnia-ue.pl

W monografii podjęto temat bardzo ważny dla bezpieczeństwa zdrowotnego żywności. Redukcja lub eliminacja mikotoksyn jest jak dotąd problemem częściowo rozwiązanym. Dokonano charakterystyki mikotoksyn wytwarzanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Opisano występowanie mikotoksyn fuzaryjnych w żywności i paszach. Omówiono zagadnienia: regulacji prawnych dotyczących zawartości mikotoksyn, ekonomicznych skutków ich obecności w żywności i paszach oraz możliwości ograniczenia ich zawartości. Scharakteryzowano usuwanie mikotoksyn fuzaryjnych przez bakterie fermentacji propionowej.

Juice Processing: Quality, Safety and Value-Added Opportunities [Przetwórstwo soków: jakość, bezpieczeństwo i wartość dodana]

Falguera V., Ibarz A.

Wydawnictwo: CRC Press, 2014 rok, ISBN: 9781466577336, stron 401, cena 99,00 £

Zamówienia: www.crcpress.com

Autorzy scharakteryzowali tradycyjne i nowoczesne metody przetwarzania soków, metody zapewnienia odpowiedniej ich jakości oraz bezpieczeństwa zdrowotnego. Podkreślono, że metody przetwórstwa soków powinny umożliwiać zachowanie witamin oraz wartości odżywczej. Opisano metody przetwarzania soków z zastosowaniem wysokiej temperatury oraz pozostałe metody. Scharakteryzowano enzymy, których funkcją jest zapewnienie odpowiedniej klarowności soków, jak również różne opakowania soków. Kolejnym tematem podjętym przez autorów są możliwości wykorzystania odpadów z produkcji soków.

Probiotic Bacteria: Fundamentals, Therapy, and Technological Aspects
[Bakterie probiotyczne: podstawy, właściwości i aspekty technologiczne]

Sousa e Silva J. P., Freitas A. C. (ed.)

Wydawnictwo: CRC Press, 2014 rok, ISBN 9789814411622, stron 320, cena 149,95 \$

Zamówienia: www.crcpress.com

W książce dokonano charakterystyki bakterii probiotycznych, ich pozytywnego wpływu na zdrowie oraz aspektów technologicznych, również takich, które chronią bakterie probiotyczne. Scharakteryzowano procesy produkcji produktów probiotycznych, zebrano informacje niezbędne do rozwoju tych produktów.

A Kaizen Approach to Food Safety**[Podejście Kaizen do bezpieczeństwa żywności]**

Hill V.

Wydawnictwo: Springer, 2014 rok, ISBN 978-3-319-04249-7, stron 389, cena 139,09 €

Zamówienia: www.springer.com

Autorka omówiła zastosowanie metodologii Kaizen w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności. Należy zwrócić uwagę na odpowiednie planowanie procesów, by zapobiegać błędom, a nie łagodzić skutki ich wystąpienia. Zawarto wskazówki jak krok po kroku wprowadzać zasady Kaizen i koło Deminga w system HACCP tak, aby zapewnić bezpieczeństwo żywności. Na przykładzie chleba pokazano, jaki jest wpływ właściwości surowca na jakość i bezpieczeństwo produktu końcowego oraz że te właściwości są wynikiem decyzji rolników podejmowanych w określonych realiach stwarzanych przez polityków i przedsiębiorców.

Opracowała: Magdalena Niewczas

TWÓRCY POLSKIEJ NAUKI O ŻYWNOŚCI

POLSCY UCZENI PO II WOJNIE ŚWIATOWEJ PROF. DR HENRYK NIEWIADOMSKI (1905-1992)



Henryk Niewiadomski urodził się 22 lipca 1905 r. w Brzeżanach (woj. tarnopolskie). Po zdaniu matury, w latach 1923 - 27 studiował na Wydziale Politechniki Lwowskiej, gdzie od 1925 r. był asystentem prof. Ignacego Mościckiego. Po uzyskaniu tytułu inżyniera w 1927 r. rozpoczął pracę w przemyśle soli potasowych, a następnie od 1930 do 1939 roku pracował w przemyśle skrobiowym najpierw w Krochmalni Ziemiaczanej, a następnie jako kierownik techniczny w Krochmalni Ryżowej „Polska Chiozza” w Tczewie. Równolegle pełnił funkcje rzeczoznawcy Izby Przemysłowo-Handlowej w Gdyni i biegłego Sądu Apelacyjnego w Poznaniu oraz pracował naukowo na Wydziale Chemii Politechniki Lwowskiej pod kierunkiem prof.

dr hab. Adolfa Joszta, wybitnego polskiego chemika, technologa oraz prekursora biotechnologii. Adolf Joszt był promotorem Jego pracy doktorskiej obronionej w 1935 r. W 1938 roku Henryk Niewiadomski uzyskał habilitację w zakresie chemii żywności. Po wybuchu wojny ukrywał się przed gestapo w Krakowie, gdzie początkowo zajmował się zbieraniem ziół, a następnie pracował na stanowiskach technicznych w zakładach przemysłu gorzelnianego i spirytusowego. Zaraz po zakończeniu wojny uruchomił zakłady rolniczo-przemysłowe „Solanum” w Tczewie. W lipcu 1945 r., jako przedstawiciel Ministerstwa Apropowizacji i Handlu, zainicjował odbiór pierwszych transportów morskich wysyłanych przez organizację UNRRA. W latach 1945 - 1949 pełnił funkcję dyrektora technicznego Portowych Zakładów Tłuszczowych „Amada” w Gdańsku. Uczestniczył w odbudowie przemysłu tłuszczowego w Gdańsku, Gdyni oraz w Nowym Dworze (4 fabryki i 9 oddziałów produkcyjnych). Od tego momentu działalność naukowa Henryka Niewiadomskiego była ściśle związana z tematyką tłuszczów.

Rok 1949 rozpoczął nowy etap w życiu naukowym Henryka Niewiadomskiego. Zaczął pracować w Politechnice Gdańskiej, specjalizując się w problematyce tłuszczów. Stworzył jedyną w kraju i jedną z pierwszych w świecie specjalizację w dziedzinie chemii i technologii tłuszczów. W 1951 r. utworzył Katedrę Technologii Tłuszczów i zaczął kształcić specjalistów z tej dziedziny. Należą do nich m.in. prof. W. Zwierzykowski, B. Drozdowski, B. Mędrzycka, A. Stołyhwo i H. Szelaąg. W tym miejscu należy wspomnieć nieżyjących już bliskich współpracowników Profesora, a mianowicie, prof. Z. Jedlińskiego, A. Jakubowskiego oraz doc. H. Szczepańską.

Henryk Niewiadomski uzyskał tytuł profesora nadzwyczajnego w roku 1958, a profesora zwyczajnego w 1964. Zakres badań prowadzonych pod jego kierownictwem obejmował zagadnienia związane z olejem rzepakowym i stosowaniem nowych metod instrumentalnych w analizie surowca oraz w kontroli procesów technologicznych, takich jak: technologia otrzymywania oleju, rafinacja i modyfikacja na drodze uwodornienia. Ten ostatni proces miał w tamtych czasach szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym i służył do wytwarzania osnów margarynowych oraz szerokiej gamy tłuszczów smażalniczych i piekarniczych. Zespół Profesora zajmował się też badaniem przemian nie tylko triacylogliceroli oleju rzepakowego, ale i biologicznie aktywnych substancji zwanych „towarzyszającymi”, a także ich rolą przeciwutleniającą w czasie różnych procesów przetwarzania tłuszczów. Wyniki tych badań doprowadziły do usprawnienia metod rafinacji i modyfikacji tłuszczów oraz wyjaśnienia wielu zjawisk fizykochemicznych zachodzących w czasie tych procesów, łącznie z opracowaniem równań matematycznych.

Prof. H. Niewiadomski prowadził też badania nad wykorzystaniem oleju rzepakowego do wyrobu plastyfikatorów i polimerów mających obecnie zastosowanie w przemyśle tworzyw sztucznych. Wiele z tych badań było finansowanych przez Departament Rolnictwa USA. Należy podkreślić również, że pierwszy polski chromatograf gazowy, który uzyskał wdrożenie produkcyjne wyszedł z zespołu Profesora i był skonstruowany przez prof. Andrzeja Stołyhwę.

Bardzo ważnym osiągnięciem grupy kierowanej przez profesora Niewiadomskiego były wyniki badań biotechnologicznych, w których udowodniono, że na skład tłuszczów drobnoustrojów ma wpływ skład pożywki, a nie jak wcześniej sądzono tylko rodzaj mikroorganizmów.

Udokumentowany dorobek naukowy Henryka Niewiadomskiego obejmuje 130 publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych, szereg komunikatów naukowych i opracowań monograficznych. Najważniejsze z tych ostatnich to „Technologia tłuszczów jadalnych” (1979) i „Technologia nasion rzepaku” (1984), stanowiące do dnia dzisiejszego podstawową bazę informacji dla studentów i pracowników przemysłu. Obie pozycje otrzymały nagrodę I stopnia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Kolejne opracowania monograficzne to „Surowce tłuszczowe” (1989) i „Rapeseed

- Chemistry and Technology”, wspólnie wydane przez PWN i Elsevier w 1990 r., oraz „Produkty uboczne i odpady tłuszczowe – Wykorzystanie i wpływ na środowisko” napisane wspólnie z doc. Hanną Szczepańską i wydane przez PWN w 1989 r. Ostatnią książką tych dwojga autorów była monografia „By-Products and Waste Materials in Fat Technology” pod redakcją K. C. Berger, która została wydana w 1995 przez Ellis Horwood Ltd.

Na działalność prof. H. Niewiadomskiego składał się też poważny dorobek dydaktyczny i organizacyjny. Był promotorem 13 prac doktorskich. Mury Politechniki Gdańskiej do momentu przejścia profesora Niewiadomskiego na emeryturę opuściło, z tytułem magistra, co najmniej 300 specjalistów w zakresie chemii i technologii tłuszczów. Profesor był też człowiekiem bardzo zaangażowanym w sprawy uczelni. Przez dwa lata pełnił funkcję prodziekana Wydziału Chemicznego a przez 8 lat prorektora do spraw nauki.

Jego działalność naukowa obejmowała ośrodki krajowe i zagraniczne. Od 1954 do 1984 r. był przewodniczącym albo zastępcą przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Przemysłu Tłuszczowego, a od 1961 r. przez 20 lat był członkiem Rady Naukowej wielu różnych Komitetów, m.in. przy Ministrze Przemysłu Spożywczego i Skupu.

Osiągnięcia Henryka Niewiadomskiego były doceniane przez międzynarodowy świat nauki, był On bowiem członkiem wielu organizacji naukowych, takich jak: International Society for Fat Research (przez pewien okres był przewodniczącym), International Gesellschaft für Nahrungs- und Vitalstoff-Forschung i International Union of Pure and Applied Chemistry oraz American Oil Chemist’s Society. W 1967 r., we Francji, został odznaczony prestiżowym Medalem M. E. Chevreula – pierwszego na świecie specjalisty od lipidów.

Profesor Niewiadomski był również organizatorem wielu kongresów i sympozjów międzynarodowych. Już w 1960 r. zorganizował kongres International Society of Fat Research, a 1968 – Rapeseed Oil Symposium, które było pierwszym na świecie międzynarodowym sympozjum poświęconym olejowi rzepakowemu i innym z rodziny roślin krzyżowych. Kolejne sympozja to „Deterioration of Lipids” (1971), „Chemurgy of Fats” (1997) i I Krajowe Sympozjum Chemii i Technologii Tłuszczów (1979). II Krajowe Sympozjum tego typu zorganizowane w 1985 roku połączone było z 60-leciem pracy zawodowej Profesora oraz z Jego osiemdziesiątą rocznicą urodzin.

Wkład profesora Henryka Niewiadomskiego w polską naukę, kształcenie specjalistów i rozwój gospodarczy kraju został wysoko oceniony. Otrzymał wiele zaszczytnych wyróżnień i odznaczeń. Do najważniejszych należą: Krzyż Oficerski i Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski, Order Sztandaru Pracy, a także Medal Komisji Edukacji Narodowej.

Prof. Henryk Niewiadomski zmarł 29 maja 1992 roku i został pochowany na cmentarzu w Sopocie.

W pamięci wielu osób profesor Henryk Niewiadomski zapisał się jako człowiek o trafnym wyznaczaniu kierunków badań, posiadający wielką kulturę osobistą, duże poczucie humoru, doskonałe zdolności organizacyjne i dobrze umiejący dobierać współpracowników.

Maria Tynek

Dziękuję profesorowi W. Zwierzykowskiemu za wyrażenie zgody na wykorzystanie materiału przez niego przedstawionego w książce pt. „Pionierzy Politechniki Gdańskiej”, Wydawnictwo PG, 2005 r.

TECHNOLOG ŻYWNOSCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 24 Nr 2

kwiecień 2014

DZIAŁALNOŚĆ TOWARZYSTWA

Zarząd Główny

Rozstrzygnięto konkurs na najlepsze publikacje w 2012 roku w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Jury przyznało wyróżnienia w dwóch kategoriach:

1. W kategorii prac przeglądowych wyróżniono:
 - Jolanta Krzyczkowska, Ewa Białecka-Florjańczyk: Biotechnologiczna synteza związków powierzchniowo czynnych i przykłady ich praktycznego zastosowania. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 4 (83), 5-23.
2. W kategorii prac oryginalnych wyróżniono:
 - Kamila Goderska, Tomasz Rychlik, Ewa Andrzejewska, Andrzej Szkaradkiewicz, Zbigniew Czarnecki: Antagonistyczny wpływ *Lactobacillus acidophilus* DSM 20079 i DSM 20242 na bakterie patogenne izolowane od ludzi. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 3 (82), 114-131.

WAŻNIEJSZE MIĘDZYKRAJOWE I KRAJOWE KONFERENCJE NAUKOWE W 2014 r.

Czerwiec

- 5 - 6 CZEŃSTOCHOWA = VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu Turystyka – Żywność – Żywność nt. „Jakość żywności a żywienie w turystyce”.**
Organizatorzy: Wyższa Szkoła Hotelarstwa i Turystyki w Częstochowie i Polskie Towarzystwo Technologów Żywności.
Kontakt: e-mail: konferencja@wshit.edu.pl
- 16 – 17 KARPACZ = V Ogólnopolska Konferencja z cyklu: Kryteria zarządzania jakością według Modelu Doskonałości EFQM nt. „Zrównoważony rozwój – odpowiedzialność w relacjach z interesariuszami jako innowacyjne kryterium doskonałości”.**

Organizatorzy: Katedra Zarządzania Jakością i Środowiskiem, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wydział Ekonomii Zarządzania i Turystyki w Jeleniej Górze.
Kontakt: e-mail: doskon14@gmail.com

26 – 27 WROCŁAW = VI Międzynarodowa Konferencja z cyklu: "Quality and safety in food production chain"/„Jakość i bezpieczeństwo zdrowotne w łańcuchu produkcji żywności”.

Informacje: <http://wnoz.up.wroc.pl/quality/>

Kontakt: e-mail: ktsz@wnoz.up.wroc.pl

Lipiec

1 - 2 WARSZAWA = IV Sympozjum Inżynierii Żywności

Organizatorzy: Wydział Nauk o Żywności SGGW, PAN, Oddział Warszawski PTTŻ oraz Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego

Informacje: <http://kizop.sggw.pl/siz2014/>

Kontakt: kizopsiz@sggw.pl

Sierpień

17-21 MONTREAL, Kanada = 17 th World Food Congress

Kontakt: <http://iufost.org/world-food-congress>

Wrzesień

15 -19 KRAKÓW = 19th IGWT Symposium Commodity Science in research and practice – current achievements and future challenges.

Organizatorzy: Cracow University of Economics – Faculty of Commodity Science; International Society of Commodity Science and Technology.

Informacje: www.igwt2014.uek.krakow.pl

Kontakt: e-mail: igwt2014@uek.krakow.pl

Październik

16 – 17 GDYNIA = Zachowania konsumentów na rynku towarów i usług.

Organizatorzy: Katedra Handlu i Usług, Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa Akademii Morskiej w Gdyni oraz Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW.

Kontakt: e-mail: konsument@wpit.am.gdynia.pl

20 -21 POZNAŃ = Konferencja Naukowa nt. „Postępy w analityce lipidów żywności”

Organizatorzy: Sekcja Chemii i Technologii Tłuszczów PTTŻ, Euro Fed Lipid, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu UP w Poznaniu, IBPRS – Oddział Technologii Mięsa i Tłuszczu

Kontakt: e-mail: dorota.klensporf-pawlik@ue.poznan.pl

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA
TECHNOLOGÓW ŻYWNOCI

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, BUNGE POLSKA Sp. z o.o. Karczew, HORTIMEX Plus Spółka komandytowa Konin.**

Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o., Bielsko-Biała.**

Material zawarty w Nr 2 (93)/2014 Biuletynu podano według stanu informacji do 15 kwietnia 2014 r. Materiały do Nr 3 (94)/2014 prosimy nadsyłać do 1 czerwca 2014 r. na adres Redakcji Czasopisma.

KOMUNIKAT

Informujemy P.T. Autorów, że *Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne* publikujemy na stronie <http://www.pttz.org/zyw/index.html>

**Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji
Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności**

PREZES / ODDZIAŁ	ADRES
Prof. dr hab. Edward Pospiech Prezes PTTŻ	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 61 848 72 60; e-mail: pospiech@up.poznan.pl
Dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska Sekretarz PTTŻ	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ e-mail: dorotapk@up.poznan.pl
Prof. dr hab. Maria Śmiechowska Oddział Gdański	AM, ul. Morska 81-87, 81-225 GDYNIA Tel.: 58 690 15 62; e-mail: smiemari@am.gdynia.pl
Dr hab. inż. Joanna Stadnik Oddział Lubelski	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN Tel.: 81 462 33 41; e-mail: joanna.stadnik@up.lublin.pl
Dr hab. Joanna Leszczyńska Oddział Łódzki	PL, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ e-mail: joanna.leszczynska@p.lodz.pl
Dr hab. inż. Lesław Juszcak Oddział Małopolski	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW Tel. 12 662 47 78; e-mail: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl
Dr inż. Janusz Pomianowski Oddział Olsztyński	UWM, Pl. Cieszyński 1, 10-957 OLSZTYN Tel.: 89 523 36 17; e-mail: Pomian@uwm.edu.pl
Dr hab. Małgorzata Dżugan, prof. nadzw. Oddział Podkarpacki	UR w Rzeszowie, ul. M. Ćwiklińskiej 2, 35-601 RZESZÓW Tel. 17 872 17 22; e-mail: mdzugan@univ.rzeszow.pl
Dr inż. Arkadiusz Żych Oddział Szczeciński	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 3, 71-550 SZCZECIN Tel.: 91 449 66 00 wew. 6583; e-mail: arkadiusz.zych@zut.edu.pl
Dr inż. Dorota Nowak Oddział Warszawski	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA Tel.: 22 593 75 62; e-mail: dorota_nowak@sggw.pl
Dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska Oddział Wielkopolski	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ e-mail: dorotapk@up.poznan.pl
Dr hab. inż. Agnieszka Kita, prof. nadz. Oddział Wrocławski	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 50 38; e-mail: agnieszka.kita@wnoz.up.wroc.pl
SEKCJE	
Dr Karol Krajewski Ekonomiczna	WSliZ, ul. Rakowiecka 32, 02-532 WARSZAWA Tel.: 22 646 20 60; e-mail: krajewski@wsiiz.pl
Dr inż. Arkadiusz Żych Technologii Mięsa	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 3, 71-550 SZCZECIN Tel.: 91 449 66 00 wew. 6583; e-mail: arkadiusz.zych@zut.edu.pl
Dr hab. Magdalena Rudzińska Chemii i Technologii Tłuszczów	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 61 848 72 76; e-mail: magdar@up.poznan.pl
Prof. dr hab. Waław Leszczyński Technologii Węglowodanów	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 52 21; Fax: 71 320 52 21
Dr hab. inż. Piotr Gębczyński, prof. nadzw. Technologii Owoców i Warzyw	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW e-mail: rrgebczy@cyf-kr.edu.pl
Mgr inż. Patrycja Komolka Młodej Kadry Naukowej	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ e-mail: pkomolka@au.poznan.pl