ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 5 (90)

Kraków 2013

Rok 20

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

Sekretarz redakcji: 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 Kołożyn-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

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), dr 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 naukowi: prof. dr hab. Zbigniew Duda, prof. dr hab. Adolf Horubała, prof. dr hab. Jan Kisza, prof. dr hab. Helena Oberman

WYDAWCA:
POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI, WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994 - 1999 wydawcą kwartalnika był Oddział Małopolski PTTŻ

© *Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2013*
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

Nakład: 600 egz.

SKŁAD I DRUK:

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

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – dwumiesięcznik

Nr 5 (90) **Kraków 2013** **Rok 20**

SPIS TREŚCI

Od Redakcji ... 3

ARTUR WIKTOR, MAGDALENA ŚLEDŹ, MAŁGORZATA NOWACKA, DOROTA WITROWA-RAJCHERT: Możliwości zastosowania niskotemperaturowej plazmy w technologii żywności ... 5

MAGDALENA OLSZEWSKA, ŁUCJA ŁANIEWSKA-TROKENHEIM: Odpowiedź bakterii fermentacji mlekowej na stres - stadium VBNC ... 15

JACEK KIJOWSKI, GRZEGORZ LEŚNIEROWSKI, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA: Jaja cennym źródłem składników bioaktywnych ... 29

TOMASZ SZABLEWSKI, EWA GORNOWICZ, KINGA STUPER-SZABLEWSKA, ANNA KACZMAREK, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA: Skład mineralny treści jaj kur ras zachowawczych z chowu ekologicznego ... 42

TOMASZ DASZKIEWICZ, MILENA WIĘCKOWSKA, DOROTA KUBIAK, NATALIA HNATYK, MILENA KOBA-KOWALCZYK: Charakterystyka jakości mięsa z różnych elementów tuszy kozłów sarny europejskiej (*Capreolus capreolus* L.) odstrzelonych w północno-wschodniej i południowo-wschodniej Polsce ... 52

TADEUSZ SZMAŃKO, JUSTYNA GÓRECKA, JAKUB NIEDŹWIEDŹ, ADAM MALICKI: Wybrane wyróżniki jakościowe polędwic sopockich zapakowanych w stanie niewychłodzonym (badania modelowe) ... 64

JOANNA MIAZEK, JAN MROCZEK: Wpływ dodatku preparatu Gel-fat i czasu sterylizacji na właściwości modelowej konserwy mięsnej ... 80

MAŁGORZATA WRONIAK, ANDRZEJ ANDERS, ARKADIUSZ SZTERK, RADOSŁAW SZYMCZAK: Wpływ obłuskiwania nasion na jakość sensoryczną i fizykochemiczną oraz wartość żywieniową oleju rzepakowego tłoczonego na zimno ... 90

KATARZYNA KOZŁOWICZ, FRANCISZEK KLUZA, DARIUSZ GÓRAL: Wpływ metody zamrażania na wyciek i twardość żeli żelatynowych otrzymywanych w różnych środowiskach ... 107

JULITA REGUŁA, ANNA GRAMZA-MICHAŁOWSKA: Wartość odżywcza oraz indeks glikemiczny produktów zbożowych z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) ... 119

IWONA JASIŃSKA-KULIGOWSKA, MACIEJ KULIGOWSKI, PIOTR KOŁODZIEJCZYK, JAN MICHNIEWICZ: Wpływ procesów fermentacji, ekstruzji i wypieku na zawartość fruktanów w produktach żytnich ... 129

ADAM KOPEĆ, ALDONA BAĆ: Wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość chleba pszenżytniego ... 142

JOANNA MILALA, MICHAŁ SÓJKA, KATARZYNA KRÓL, MARIA BUCZEK: Charakterystyka składu chemicznego owoców *Rosa pomifera* 'Karpatia' ... 154

ARKADIUSZ TELESIŃSKI, MONIKA GRZESZCZUK, DOROTA JADCZAK, GABRIELA WYSOCKA, MIROSŁAW ONYSZKO: Ocena zmian zawartości azotanów(V) w wybranych ziołach przyprawowych w zależności od sposobu ich utrwalenia i czasu przechowywania ... 168

BEATA ŚLASKA-GRZYWNA, DARIUSZ ANDREJKO, IZABELA KUNA-BRONIOWSKA, IWONA KOWALCZUK, KRYSTYNA GUTKOWSKA, MARTA SAJDAKOWSKA, SYLWIA ŻAKOWSKA-BIEMANS, ANNA KOZŁOWSKA, ANNA OLEWNIK-MIKOŁAJEWSKA: Innowacyjny konsument żywności pochodzenia zwierzęcego ... 177

MAREK NOWAK, MACIEJ OZIEMBŁOWSKI, TADEUSZ TRZISZKA, HALINA BEŃ: Ocena ważności cech sera twardego i miejsca jego zakupu w opiniach konsumentów z Holandii, Niemiec i Polski ... 195

HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interakcje składników żywności ... 211

GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym ... 214

MAGDALENA NIEWCZAS: Nowe książki ... 217

Twórcy polskiej nauki o żywności ... 220

Prof. dr hab. dr h.c. Jan Gawęcki Honorowym Doktorem Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie ... 225

Technolog Żywności ... 228

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 5 (90) **Kraków 2013** **Vol. 20**

CONTENTS

From the Editor....3
ARTUR WIKTOR, MAGDALENA ŚLEDŹ, MAŁGORZATA NOWACKA, DOROTA WITROWA-RAJCHERT: Possible applications of low-temperature (cold) plasma in food technology....5
MAGDALENA OLSZEWSKA, ŁUCJA ŁANIEWSKA-TROKENHEIM: Responses of lactic acid bacteria to stress – VBNC state....15
JACEK KIJOWSKI, GRZEGORZ LEŚNIEROWSKI, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA: Chicken eggs: source of valuable bioactive components....29
TOMASZ SZABLEWSKI, EWA GORNOWICZ, KINGA STUPER-SZABLEWSKA, ANNA KACZMAREK, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA: Mineral composition of contents in table eggs from autochthonous hen breeds bred under ecological conditions....42
TOMASZ DASZKIEWICZ, MILENA WIĘCKOWSKA, DOROTA KUBIAK, NATALIA HNATYK, MILENA KOBA-KOWALCZYK: Quality profile of meat from different carcass cuts of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) bucks hunter-harvested in north-east and south-east Poland....52
TADEUSZ SZMAŃKO, JUSTYNA GÓRECKA, JAKUB NIEDŹWIEDŹ, ADAM MALICKI: Chosen quality factors of sopocka tenderloins packaged unchilled (model research)....64
JOANNA MIAZEK, JAN MROCZEK: Effect of Gel-fat additive and time of sterilization on properties of model canned meat product....80
MAŁGORZATA WRONIAK, ANDRZEJ ANDERS, ARKADIUSZ SZTERK, RADOSŁAW SZYMCZAK: Effect of seed dehulling on sensory and physical-chemical quality and nutritional value of cold-pressed rapeseed oil....90
KATARZYNA KOZŁOWICZ, FRANCISZEK KLUZA, DARIUSZ GÓRAL: Effect of freezing method on drip loss and hardness of gelatine gels made in different environments....107
JULITA REGUŁA, ANNA GRAMZA-MICHAŁOWSKA: Nutritional value and glycemic index of cereal products with dried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) added....119
IWONA JASIŃSKA-KULIGOWSKA, MACIEJ KULIGOWSKI, PIOTR KOŁODZIEJCZYK, JAN MICHNIEWICZ: Effect of fermentation, extrusion and baking processes on content of fructans in rye products....129
ADAM KOPEĆ, ALDONA BAĆ: Effect of lupine flour addition on quality of triticale flour bread....142
JOANNA MILALA, MICHAŁ SÓJKA, KATARZYNA KRÓL, MARIA BUCZEK: Profile of chemical composition of *Rosa pomifera* 'Karpatia' fruits....154
ARKADIUSZ TELESIŃSKI, MONIKA GRZESZCZUK, DOROTA JADCZAK, GABRIELA WYSOCKA, MIROSŁAW ONYSZKO: Assessment of changes in content of nitrates(V) in selected spice herbs depending on their preservation method and storage time....168
IWONA KOWALCZUK, KRYSTYNA GUTKOWSKA, MARTA SAJDAKOWSKA, SYLWIA ŻAKOWSKA-BIEMANS, ANNA KOZŁOWSKA, ANNA OLEWNIK-MIKOŁAJEWSKA: Innovative consumer of food of animal origin....177
MAREK NOWAK, MACIEJ OZIEMBŁOWSKI, TADEUSZ TRZISZKA, HALINA BEŃ: Importance assessment of hard cheese features and place of purchasing it in opinions of consumers from the Netherlands, Germany, and Poland....195
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interactions among food components....211
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation....214
MAGDALENA NIEWCZAS: Book reviews....217
Creators of the Polish food science....220
Prof. Jan Gawęcki, Professor, Ph.D. has been awarded a Doctor Honoris Causa (Dr. h.c.) degree by the Warsaw University of Life Sciences - SGGW....225
The Food Technologist....228

Only reviewed papers are published

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

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

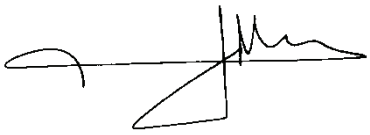
przekazujemy Państwu **5 (90)** numer dwumiesięcznika Żywność, w którym zamieściliśmy różnorodne tematycznie artykuły naukowe, prezentujące dorobek kilku krajowych ośrodków nauki o żywności. Jak w każdym numerze, zamieściliśmy także interesujące informacje w stałych działach.

Miło nam poinformować, że czasopismo **Żywność. Nauka. Technologia. Jakość** pozytywnie przeszło kolejny proces ewaluacji, tym razem **IC Journals Master List**, której wynikiem jest przyznanie wskaźnika **ICV** (Index Copernicus Value) w wysokości **9,80 pkt.** Mamy nadzieję, że obecność Żywności w bazie IC Journals Master List przyczyni się do zwiększenia zasięgu naszego czasopisma.

Nasz apel jest stale aktualny: **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, październik 2013 r.

Redaktor Naczelny



Tadeusz Sikora

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość – liczba punktów 15 – Wykaz czasopism punktowanych MNiSzW, grupa A, poz. 10230; Lista JCR **– IF = 0,190.**

Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością
Wydział Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
oraz
Wrocławski Oddział Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

zaprasza na

VI Międzynarodową Konferencję z cyklu:

”QUALITY AND SAFETY IN FOOD PRODUCTION CHAIN”
„JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO ZDROWOTNE W ŁAŃCUCHU PRODUKCJI ŻYWNOŚCI”

która odbędzie się we

Wrocławiu w dniach 26-27 czerwca 2014 r.

Adres do korespondencji:
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Nauk o Żywności,
Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością
ul. Chełmońskiego 37/41; 51-630 Wrocław
tel./fax 071 3207781
e-mail: ktsz@wnoz.up.wroc.pl

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 5 – 14

ARTUR WIKTOR, MAGDALENA ŚLEDŹ, MAŁGORZATA NOWACKA,
DOROTA WITROWA-RAJCHERT

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA NISKOTEMPERATUROWEJ PLAZMY W TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

S t r e s z c z e n i e

Celem pracy było opisanie możliwości zastosowania niskotemperaturowej (zimnej) plazmy w badaniach żywności. Technologia ta należy do nowych, nietermicznych technik. Jej potencjalne wykorzystanie w przemyśle spożywczym wiąże się przede wszystkim z utrwalaniem żywności. Możliwości jej praktycznego zastosowanie należy upatrywać w bardzo reaktywnych cząsteczkach chemicznych, z których jest złożona. Wolne rodniki, tlen atomowy oraz inne cząsteczki czy jony wykazują inaktywacyjne właściwości w stosunku do wielu mikroorganizmów. Skład chemiczny plazmy różni się w zależności od rodzaju gazu użytego do jej wytworzenia. Mieszaniny gazów, najbardziej letalne w stosunku do drobnoustrojów, zawierają tlen cząsteczkowy lub powietrze. Możliwość zastosowania niskotemperaturowej plazmy w przemyśle spożywczym jest obecnie na etapie badań laboratoryjnych. W literaturze tematu podawane są przykłady możliwości jej zastosowania w celu dekontaminacji powierzchni ziaren i nasion, mięsa czy materiałów opakowaniowych. Rosnące zapotrzebowanie rynku na produkty mało przetworzone oraz potrzeba ochrony środowiska uzasadniają konieczność dalszych badań nad technologią niskotemperaturowej plazmy.

Słowa kluczowe: niskotemperaturowa plazma, sterylizacja, dekontaminacja, żywność

Wprowadzenie

Konkurencja na rynku, wzrastający poziom wiedzy żywieniowej konsumentów czy zmieniające się przepisy prawne wymuszają na producentach poszukiwanie nowych rozwiązań technologicznych, możliwych do zastosowania w przetwórstwie spożywczym. Ważnym czynnikiem rozwoju nowych technologii są zagrożenia wynikające ze zmieniających się cech mikroorganizmów patogennych, zmian środowiska naturalnego oraz ciągłego wzrostu „ruchu żywności" na globalnym rynku. To wszystko sprawia, że istnieje potrzeba stałego rozwoju metod przetwarzania i utrwalania żywności. Wśród nowoczesnych technik tego typu należy wymienić zastosowanie m.in. ultra-

Mgr inż. A. Wiktor, mgr inż. M. Śledź, dr inż. M. Nowacka, prof. dr hab. D. Witrowa-Rajchert, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

dźwięków (US), wysokich ciśnień (HHP), pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) czy pulsacyjnego światła [3, 5, 11, 17, 20]. Należą one do tzw. metod nietermicznych, niegrzewczych (ang. *non thermal methods*). Oznacza to, że ich zastosowanie nie wiąże się ze wzrostem temperatury produktu i jest skuteczne w temperaturze otoczenia. Technologią, która spełnia wymagania metod nietermicznych i znajduje się w sferze zainteresowania naukowców jest niskotemperaturowa (zimna) plazma [10].

Definicja i rodzaje plazmy

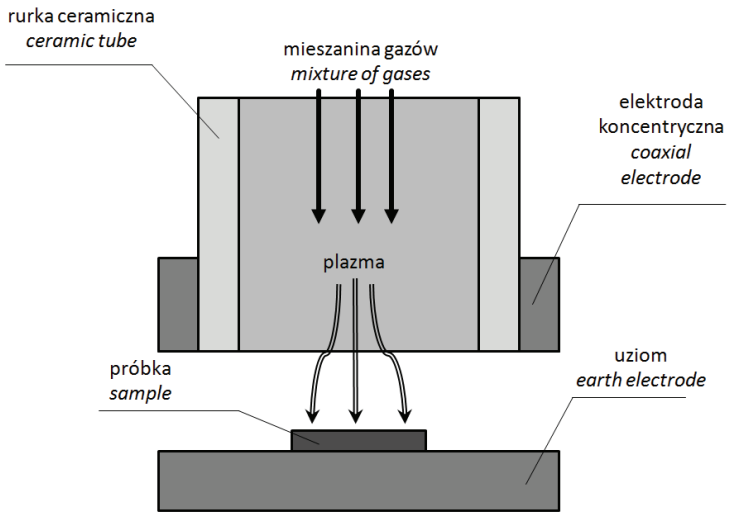
Plazma postrzegana jest jako czwarty, podobny do gazu, stan skupienia. Aby wytworzyć plazmę, należy dostarczyć odpowiednią ilość energii, która umożliwi najpierw przekształcenie substancji z ciała stałego w ciekłe, następnie w gaz i na końcu w plazmę. Energia niezbędna do przekształcenia gazu neutralnego w plazmę związana jest ze zjawiskiem jonizacji oraz dysocjacji gazu. Plazma, ze względu na szeroki zakres warunków ciśnienia i temperatury, w których może powstawać, jest najpowszechniej występującym stanem skupienia we Wszechświecie. Tym niemniej, w warunkach panujących na naszej planecie stan plazmy występuje rzadko i najczęściej obserwowany jest w postaci zorzy polarnej [2].

W zależności od rodzaju, plazma może składać się wyłącznie z cząsteczek zjonizowanych oraz wolnych elektronów (jak w przypadku plazmy wysokotemperaturowej, będącej składnikiem gwiazd czy powstającej podczas wybuchu bomby wodorowej), a może także składać się z mieszaniny zarówno zjonizowanych, jak i niezjonizowanych cząsteczek, atomów w stanie podstawowym i wzbudzonych, wolnych rodników oraz elektronów. Ten rodzaj plazmy powstaje w znacznie niższych temperaturach i nosi nazwę zimnej lub niskotemperaturowej plazmy (ang. *cold plasma lub non-thermal plasma*) [12].

Specyficzną oraz podstawową właściwością plazmy jest obojętność elektryczna, która wiąże się z identyczną liczbą dodatnie i ujemnie naładowanych cząsteczek. Warto podkreślić, że w plazmie możliwe jest występowanie pewnych zakłóceń obojętności elektrycznej, przez co mówi się o jej quasi-neutralności [2]. Z kolei obecność w jej składzie bardzo aktywnych chemicznie cząsteczek, np. rodników hydroksylowych czy tlenu atomowego, który jest uznawany za najbardziej letalny w odniesieniu do drobnoustrojów [9, 15], nadaje plazmie szczególne dekontaminujące właściwości. Inne właściwości wiążą się z tym, że plazma może zawierać w swoim składzie atomy w stanie wzbudzonym. Powrót do stanu podstawowego wiąże się z uwolnieniem pewnej ilości energii. Może to nastąpić na skutek emisji kwantu energii w postaci fotonu albo w wyniku zderzenia z inną cząsteczką chemiczną. Zarówno jedno, jak i drugie zjawisko może wzbudzić reakcję chemiczną korzystną z uwagi na możliwość dekontaminacji żywności czy innej materii [6, 13].

Wytwarzanie plazmy

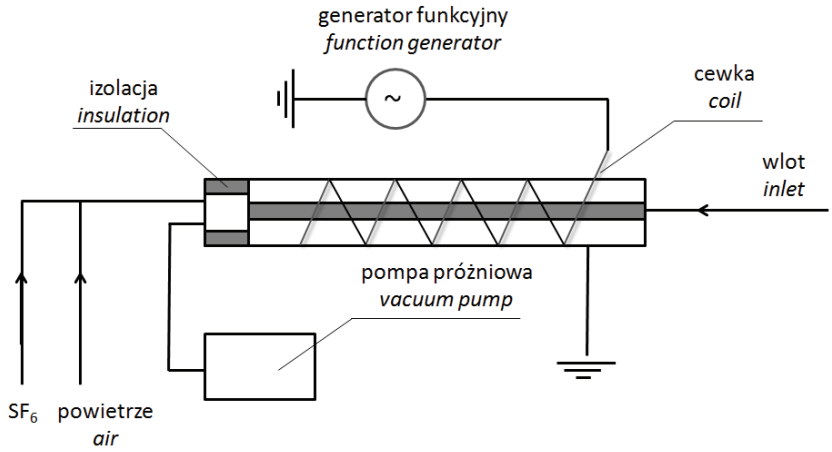
W zależności od rodzaju plazmę można wytworzyć różnymi metodami. Aby mogła powstać plazma gorąca, niezbędne jest bardzo wysokie ciśnienie i równowaga termodynamiczna pomiędzy elektronami i cięższymi cząsteczkami chemicznymi. Warunkiem jest także istnienie ośrodka, z którego plazma może powstać (powietrze, tlen, hel itp.). Wymagania te wiążą się z koniecznością zastosowania specyficznej aparatury i sprzętu. Do generowania niskotemperaturowej plazmy nie potrzeba aż tak ekstremalnych warunków. Do niedawna wytworzenie i zastosowanie niskotemperaturowej plazmy mogło nastąpić jedynie w warunkach obniżonego ciśnienia. W ostatnim czasie naukowcy i inżynierowie opracowali metody wytwarzania nietermicznej plazmy w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Doprowadziło to do obniżenia kosztów procesu i skrócenia jego czasu, przez co zwiększyły się możliwości przemysłowych zastosowań. Większość urządzeń wytwarzających nisko temperaturową plazmę (w skali laboratoryjnej) przeznaczona jest jednak do aplikacji biomedycznych, w związku z czym zastosowanie ich do celów związanych z obróbką żywności wymaga odpowiedniej adaptacji [12]. Wiele zespołów badawczych konstruuje samodzielnie generatory niskotemperaturowej plazmy. Prototypowy zestaw urządzeń (rys. 1) do wytwarzania plazmy w warunkach laboratoryjnych pod ciśnieniem atmosferycznym składa się z rurki ceramicznej, przez którą doprowadzana jest odpowiednia mieszanina gazów, zespołu elektrod oraz generatora wysokiego napięcia.



Rys. 1. Schemat urządzenia do wytwarzania niskotemperaturowej plazmy CAP-pen.
Fig. 1. Scheme of CAP-pen low-temperature (cold) plasma generator.
Źródło: / Source: Opracowanie własne na podstawie [14] / the authors' own study based on [14].

Rurka otoczona jest miedzianą elektrodą koncentryczną podłączoną do generatora wysokiego napięcia (6,5 - 16 kV, 23 - 38,5 kHz). Z kolei druga elektroda (uziom) umieszczona jest w takiej odległości od końca ceramicznej rurki, aby umożliwić przepływ wytworzonej plazmy i stworzyć miejsce umieszczenia próbki. Wytworzona w ten sposób plazma w otoczeniu powietrza ukazuje się jako jasnopurpurowa chmura, która nosi nazwę CAP-pen (ang. *cold atmospheric plasma pen*) [14].

Inne urządzenie do wytwarzania plazmy pod obniżonym ciśnieniem składa się z wyposażonej w cewkę antenową rury kwarcowej otaczającej komorę obróbki plazmowej, w której umieszcza się próbki (rys. 2). Zestaw przyłączony jest do wzmacniacza i generatora wysokiego napięcia za pomocą elektrody (20 kV, 1 kHz). Urządzenie wyposażone jest również w pompę próżniową, która służy do obniżania ciśnienia w układzie [16].



Rys. 2. Prototypowe urządzenie do wytwarzania niskotemperaturowej plazmy.
Fig. 2. Prototype low-temperature (cold) plasma generator.
Źródło: / Source: Opracowanie własne na podstawie [16] / the authors' own study based on [16].

W obydwu rozwiązaniach energię niezbędną do przeprowadzenia gazu w stan plazmy (lub mieszaniny gazów) dostarcza się przy użyciu generatorów wysokiego napięcia. Niezbędną energię dostarczyć można także przez naświetlanie światłem nadfioletowym (λ = 180 - 300 nm) lub aplikacją mikrofal.

Konstrukcje wyposażone w generatory mikrofalowe są obecnie najlepiej dostosowane do użycia w procesach przemysłowych. Zupełnie inne podejście do utrwalania żywności przy użyciu plazmy polega na wykorzystaniu zjawiska wyładowania barierowego DBD (ang. *dielectric-barrier discharge*). Przykładowo, plazma wytwarzana jest wewnątrz opakowania, do którego za pomocą elektrod podłączony jest generator

wysokiego napięcia. Zaletą tego typu rozwiązania jest niewielkie zużycie energii elektrycznej.

Przemysłowe konstrukcje powinny uwzględniać przede wszystkim bezpieczeństwo użytkowania oraz sposób prowadzenia procesu. Na przykład w operacjach typu ciągłego plazma powinna być aplikowana w czasie, gdy produkt znajduje się na przenośniku, tak aby nie wydłużać procesu technologicznego. Innym rozwiązaniem, odpowiednim w przypadku operacji okresowych, jest konstrukcja podobna do opisanej wcześniej CAP-pen. W tym przypadku strumień zjonizowanego gazu jest skierowany bezpośrednio na przetwarzany materiał [12].

Mechanizm działania plazmy na drobnoustroje

Mechanizm działania plazmy (podobnie jak pulsacyjnego pola elektrycznego) na mikroorganizmy nie został jeszcze dokładnie poznany. Jak już wcześniej wspomniano, niskotemperaturowa plazma zawiera szereg różnych cząsteczek chemicznych, które charakteryzują się wysoką reaktywnością – również w kontakcie z materiałem biologicznym. Szczególnie podatne na reakcje chemiczne są cząsteczki pochodzące z tlenu lub azotu: O, O_2, O_3, $OH^{\cdot}$, $NO^{\cdot}$, i NO_2, przy czym najbardziej letalne działanie wykazuje tlen atomowy i rodnik hydroksylowy [19]. Najprawdopodobniej molekuły te prowadzą do zmian natury oksydacyjnej w lipidach i proteinach plazmolemmy. W związku z tym intensywne bombardowanie komórki bardzo reaktywnymi składnikami plazmy prowadzi do poważnych, niedających się szybko naprawić uszkodzeń błony komórkowej i w konsekwencji do jej przerwania. Zjawisko to przez niektórych określane jest „wytrawianiem". Przyczyn tego zjawiska upatruje się także w gromadzeniu ładunków elektrycznych na zewnętrznej powierzchni błony membranowej. Innym wytłumaczeniem przerwania ciągłości plazmolemmy jest teoria elektroporacji (elektropermeabilizacji), tłumacząca zmiany zachodzące w mikroorganizmach pod wpływem pulsacyjnego pola elektrycznego. Zjawisko elektroporacji polega na elektrycznie indukowanym powstawaniu nowych mikroporów komórkowych oraz wzroście już istniejących. Wytłumaczenie to zdaje się sensownie uzupełniać pozostałe teorie, ze względu na wiele analogii pomiędzy pulsacyjnym polem elektrycznym a obróbką żywności za pomocą plazmy. Działanie plazmy, ze względu na zawarte w niej fotony światła nadfioletowego, prowadzi także do degradacji DNA. Badania wskazują jednak, że dużo większą rolę w inaktywacji mikroorganizmów odgrywają wspomniane wcześniej rodniki i tlen atomowy. Jednak, aby jednoznacznie odpowiedzieć na pytania dotyczące mechanizmu inaktywacji drobnoustrojów przy użyciu plazmy, niezbędne jest prowadzenie dalszych badań [12].

Zastosowanie plazmy do utrwalania żywności

Mimo że badania nad zastosowaniem plazmy w celu inaktywacji drobnoustrojów trwają od drugiej połowy lat 90. ubiegłego wieku, to studia nad zastosowaniem tych rozwiązań do celów związanych z utrwalaniem żywności rozpoczęły się niedawno. Obecnie niskotemperaturowa plazma w technologii żywności określana jest mianem technologii pierwszej generacji, co oznacza, że jest w początkowym okresie rozwoju [1].

Dekontaminacja ziaren zbóż oraz nasion roślin strączkowych jest ważna zarówno ze względu na ich przydatność technologiczną, jak i bezpieczeństwo konsumenta. Pleśnie (*Aspergillus i Penicillium*) rozwijające się na tych surowcach w czasie przechowywania mogą doprowadzić do zniszczenia zarodka, pogorszenia cech sensorycznych oraz skażenia mikotoksynami. Wyjaławianie surowców zbożowych czy strączkowych przy użyciu plazmy może być alternatywą dla innych metod, w których najczęściej stosuje się obróbkę termiczną lub chemiczną. W przypadku ziaren pszenicy 20-minutowa aplikacja plazmy wytworzonej z heksafluorku siarki (SF_6) pozwoliła zmniejszyć populację *Penicillium* o ponad 3 cykle logarytmiczne. Przy zastosowaniu plazmy wytworzonej z powietrza osiągnięto jeszcze lepsze rezultaty. Efektywność działania plazmy zależała w dużym stopniu nie tylko od rodzaju mikroflory czy gazu użytego do wytworzenia plazmy, ale także od powierzchni, na której mikroflora się znajdowała. Przykładowo, 15-minutowe potraktowanie ziaren pszenicy plazmą wytworzoną z SF_6 zmniejszyło populację pleśni *Aspergillus* do $1{,}2 \cdot 10^4$jtk/g, w przypadku ciecierzycy do $1{,}67 \cdot 10^6$jtk/g, w porównaniu z próbkami kontrolnymi zawierającymi $5 \cdot 10^6$jtk/g w przypadku obu próbek. Należy podkreślić, że podobną sytuację obserwowano w przypadku przechowywania ziaren i nasion potraktowanych i niepotraktowanych plazmą. Próbki wyjałowione wstępnie plazmą, charakteryzujące się populacją mniejszą o 4 cykle log niż próbka kontrolna, po 10 dniach przechowywania wykazywały ciągle mniejszą populację mikroorganizmów. Istotne jest także, że potraktowanie tych produktów plazmą nie wpłynęło istotnie na ich wartość technologiczną [16].

Niskotemperaturowa plazma może być także zastosowana jako metoda dekontaminacji powierzchni mięsa oraz skóry kurcząt zawierających *Listeria innocua*. Bakteria ta jest surogatem, niepatogenicznym odpowiednikiem *Listeria monocytogenes*. Redukcja liczby drobnoustrojów zależała zarówno od czasu aplikacji plazmy, jak i od składu mieszaniny gazów użytych do jej wytworzenia. Przykładowo, zastosowanie niskotemperaturowej plazmy przez 10 s przyczyniło się do ograniczenia populacji mikroorganizmów na filtrze membranowym o 0,27 i 3,27 cykli logarytmicznych, w przypadku gdy gazem był odpowiednio: wyłącznie hel i mieszanina hel - tlen (1 : 5). Próba dekontaminacji skóry kurcząt przy użyciu tej technologii nie wpłynęła na otrzymanie tak dobrych wyników, jak w przypadku badań prowadzonych na filtrach membranowych. Przy zastosowaniu tej metody zmniejszenie ogólnej liczby drobnoustrojów po

8 min ekspozycji skóry na działanie niskotemperaturowej plazmy wynosiło od 0,01 do 0,91 cykli logarytmicznych. W odniesieniu do *Listeria* redukcja wynosiła od 0,18 do 0,94 cykli logarytmicznych, w zależności od parametrów plazmy i pracy urządzenia. Wiąże się to z różnymi właściwościami dielektrycznymi tych dwóch materiałów, skóry kurczęcia oraz filtra membranowego. Inaktywacja *L. innocua* w tkance mięśni piersiowych kurczaka wynosiła od 0,06 do 3,30 cykli logarytmicznych w zależności od składu mieszaniny gazów, parametrów pracy urządzenia oraz techniki inokulacji, przy czym większe wartości redukcji zaobserwowano, gdy w mieszance gazowej dominował tlen. Wyniki te, mimo że nie spełniają wymagań dotyczących wyjaławiania żywności, świadczą o potencjale użycia niskotemperaturowej plazmy w celu dekontaminacji mięsa. Kolejnym dowodem mogą być wyniki badań nad działaniem plazmy na zawieszone w roztworze wodnym bakterie, mogące powodować zatrucia pokarmowe: *E. coli, S. aureus, S. enteritidis i B. cereus*. Rola tych drobnoustrojów jest bardzo ważna, gdyż konsumenci coraz chętniej sięgają po żywność minimalnie przetworzoną [7]. Aplikacja niskotemperaturowej plazmy spowodowała znaczącą redukcję (4 cykle logarytmiczne jtk/ml) w populacji wymienionych mikroorganizmów. Warto zauważyć, że plazma powstała z powietrza pozwoliła osiągnąć lepsze rezultaty niż wytworzona z azotu cząsteczkowego czy ditlenku węgla, co można wytłumaczyć obecnością m.in. tlenu atomowego [10].

Oprócz wegetatywnych form drobnoustrojów problemem w technologii żywności są także ich przetrwalnikowe formy. Działanie niskotemperaturową plazmą na niektóre przetrwalniki obecne na podłożu agarowym pozwala osiągnąć lepsze rezultaty sterylizacyjne niż gotowanie. Przykładowo, czas dziesięciokrotnej redukcji liczby sporów D *B. subtilis* wynosił 3,46 i 10-14 min, w przypadku, odpowiednio, inaktywacji plazmowej i poprzez gotowanie. Należy jednak podkreślić, że przetrwalniki niektórych bakterii lepiej znosiły działanie niskotemperaturowej plazmy niż sterylizację w autoklawie [18].

Zastosowanie plazmy do dekontaminacji opakowań

Jedną z możliwości zastosowania zimnej plazmy jest dekontaminacja materiałów opakowaniowych. Nieodpowiednio przechowywane mogą bowiem stać się źródłem zanieczyszczenia żywności, co prowadzi do niespełnienia przez nie swej podstawowej funkcji. Butelki polimerowe przed napełnieniem są najczęściej sterylizowane chemicznie przy użyciu nadtlenku wodoru lub kwasu nadoctowego. Pomimo wysokiej efektywności, metody te generują duże ilości ścieków, co z kolei wpływa na koszt produktu [12]. Kolejną wadą tego typu rozwiązań jest ich negatywny wpływ na środowisko naturalne, a więc brak cech odpowiadających technologiom czystym, zrównoważonym. Zastosowanie technologii innej niż chemiczna jest zatem uzasadnione. Obecnie technologia niskotemperaturowej plazmy jest używana głównie do modyfikacji niektó-

rych właściwości materiałów opakowaniowych, np. zmniejszenia przepuszczalności tlenu czy ditlenku węgla. Zimna (niskotemperaturowa) plazma umożliwia także niemal całkowitą sterylizację powierzchni folii PET w przeciągu mniej niż 4 s. Należy jednak podkreślić, że trwająca 90 - 120 s obróbka papierowych kubków i folii aluminiowej doprowadziła jedynie do zmniejszenia populacji drobnoustrojów o 3 cykle logarytmiczne [12]. Aspekty, które powinny być rozważone przy wyborze odpowiednich parametrów pracy generatora plazmy, oprócz oczekiwań związanych z wyjaławianiem powierzchni, muszą także uwzględniać możliwe zmiany właściwości materiału opakowaniowego, np. wytrzymałości. Przykładowo, analiza pojedynczych włókien PET wykazała, że niskotemperaturowa plazma wytworzona z tlenu lub tlenu/ tetrafluorometanu, działająca na polimer przez 200 s, zmniejsza wytrzymałość mechaniczną materiału o ok. 20 % [4]. Z innej publikacji wynika, że zastosowanie niskotemperaturowej plazmy zmniejsza przepuszczalność gazów materiału opakowaniowego (PET) dzięki czemu produkt pozostaje dłużej świeży [8].

Podsumowanie

Wiedza na temat niskotemperaturowej plazmy skłania do stwierdzenia, że technologia ta może znaleźć zastosowanie w przetwórstwie żywności. Do największych zalet należy jej nietermiczny charakter, korzystny zwłaszcza w technologii żywności minimalnie przetworzonej. Jednak właściwość plazmy, z której wynika ta zaleta, jest także jedną z największych wad tej technologii. Ze względu na specyficzny skład plazmy i samą naturę procesu, użycie jej może budzić pewne obawy konsumentów, co będzie wpływać na proces wdrożenia tej technologii. Kolejne problemy związane z tą techniką dotyczą głównie wpływu plazmy na składniki odżywcze żywności. Przeprowadzenie odpowiednich badań, uwzględniających ten aspekt, umożliwi kontynuowanie prac nad przemysłowym wdrożeniem techniki zimnej plazmy.

Literatura

[1] Bermudez-Aguirre D., Barbosa-Canovas G.V.: Recent Advances in Emerging Nonthermal Technologies. Food Eng. Series, 2011, **2**, 285-323.
[2] Celiński Z.: Plazma. PWN, Warszawa 1980.
[3] Fernandes A.N.F., Linhares Jr. F.E., Rodrigues S.: Ultrasound as pre-treatment of pineapple. Ultra. Sonochem., 2008, **15**, 1049-1054.
[4] Ferrante D., Iannace S., Monetta T.: Mechanical strength of cold plasma treated fibers. J. Mater. Sci., 1999, **34**, 175-179.
[5] Gemma O., Martin-Belloso O., Soliva-Fortuny R.: Pulsed light treatment for food preservation. A review. Food Bioprocess Technol., 2010, **3**, 13-23.
[6] Kelly-Wintenberg K., Montie T.C., Brickman C., Roth J.R., Carr A.K., Sorge K., Wadsworth L.C., Tsai P.P.Y.: Room temperature sterilization of surfaces and fabrics with a one atmosphere uniform glow discharge plasma. JIMB, 1998, **20**, 69-74.

[7] Kowalska H.: Żywność minimalnie przetworzona – owoce i warzywa. Przem. Spoż., 2006, **4 (60)**, 24-27.
[8] Kryża K., Szczepanik G.: Zastosowanie techniki zimnej plazmy jako nowoczesna technologia zabezpieczania surowców żywnościowych. [online] [dostęp: 03-06-2013]. Dostępna w Internecie: http://www.food.rsi.org.pl/dane/Artyku_Plasma._Kry_a_Szczepanik.pdf
[9] Laroussi M., Leipold F.: Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in the inactivation of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure. Int. J. Mass Spectrometry, 2004, **233**, 81-86.
[10] Marsili L., Esphie S., Anderson J.G., MacGregor S.J.: Plasma inactivation of food-related microorganisms in liquids. Radiat. Phys. Chem., 2002, **65**, 507-513.
[11] Martin-Belloso O., Sobrino-Lopez A.: Combination of pulsed electric fields with other preservation techniques. Food Bioprocess Technol., 2011, **4**, 954-968.
[12] Misra N.N., Tiwari B.K., Raghavarao K.S.M.S., Cullen P.J.: Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. Food Eng. Rev., 2011, **3**, 159-170.
[13] Moisan M., Barbeau J., Moreau S., Pelletier J., Tabrizian M., Yahia L.H.: Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. Int. J. Pharmacol., 2001, **226**, 1-21.
[14] Noriega E., Gilbert S., Laca A., Diaz M., Kong M.G.: Cold atmospheric gas plasma disinfection of chicken meat and chicken skin contaminated with *Listeria innocua*. Food Microbiol., 2011, **28**, 1293-1300.
[15] Perni S., Shama G., Kong M.G.: Cold atmospheric plasma disinfection of cut fruit surfaces contaminated with migrating microorganisms. J. Food Protect., 2008, **71 (8)**, 1619-1625.
[16] Selcuk M., Oksuz L., Basaran P.: Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. by cold plasma treatment. Bioresource Technol., 2008, **99**, 5104-5109.
[17] Shin J.K., Lee S.J., Cho H.Y., Pyun Y.R., Lee J.H., Chung M.S.: Germination and subsequent inactivation of Bacillus subtilis by pulsed electric field treatment. J. Food Process. Preserv., 2010, **43**, 43-54.
[18] Tseng S., Abramzon N., Jackson J.O., Lin W.: Gas discharge plasmas are effective in inactivating *Bacillus* and *Clostridium* spores, Appl. Microbiol. Biotechnol., 2011, DOI 10.1007/s00253-011-3661-0.
[19] Yu H., Perni S., Shi J.J., Wang D.Z., Kong M.G., Shama G.: Effects of cell surface loading and phase of growth in cold atmospheric gas plasma inactivation of *Escherichia coli* K12. J. Appl. Microbiol., 2006, **101**, 1323-1330.
[20] Yucel U., Alpas H., Bayindirli A.: Evaluation of high pressure treatment for enhancing the drying rates of carrot, apple and green bean. J. Food Eng., 2010, **98**, 266-272.

POSSIBLE APPLICATIONS OF LOW-TEMPERATURE (COLD) PLASMA IN FOOD TECHNOLOGY

S u m m a r y

The objective of the study was to describe the possibility of applying low temperature (cold) plasma to food technology development. This technology is a novel, non-thermal technique. In the food industry, it could be potentially used to preserve food. The possibility of using this technique in practice is based on the highly reactive chemical compounds, which make up the plasma. Free radicals, atomic oxygen, and other compounds or ions show properties that enable the inactivation of many micro-organisms. The chemical composition of plasma differs depending on the gas used to make it. The mixtures of gases that

appear to be the most lethal to micro-organisms contain atomic oxygen or air. Presently, the possibility of using low-temperature (cold) plasma in the food industry is analyzed in laboratories. The reference literature contains examples of applying plasma to decontaminate surfaces of grain and seeds, meat or packaging materials. The continuous increase in the consumer demand for low-processed products and the necessity to protect the environment are two key reasons to justify the indispensability to further search into the low-temperature (cold) plasma technology.

Key words: cold plasma, sterilization, decontamination, food

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 15 – 28

MAGDALENA OLSZEWSKA, ŁUCJA ŁANIEWSKA-TROKENHEIM

ODPOWIEDŹ BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ NA STRES - STADIUM VBNC

S t r e s z c z e n i e

Stadium VBNC (ang. *viable but nonculturable*) oznacza populację żywych komórek bakteryjnych, niewykazującą wzrostu na podłożach mikrobiologicznych. Stan ten wśród bakterii fermentacji mlekowej mogą wywołać: zmienne warunki temperaturowe, obniżone pH środowiska, obecność soli żółci i innych substancji bakteriostatycznych. Populacji zachowującej stadium VBNC nie może badać tradycyjnymi metodami z uwagi na ograniczające kryterium, jakim jest zdolność wzrostu bakterii na podłożach soft mikrobiologicznych. Stosowanie technik, które służą badaniu różnych anatomicznych lub/i fizjologicznych parametrów komórek, niezależnie od ich zdolności do wzrostu na podłożach hodowlanych, jest uzasadnione w aspekcie oceny bakterii fermentacji mlekowej pod względem przydatności, funkcjonalności i bezpieczeństwa.

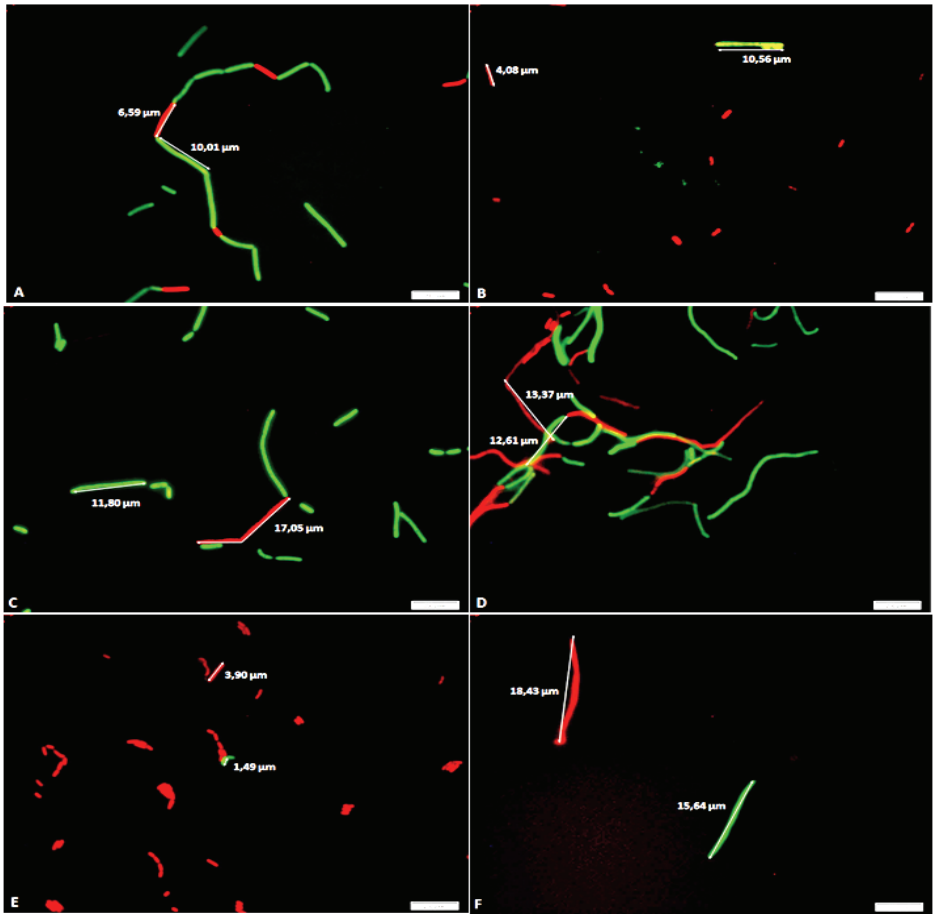
Słowa kluczowe: stadium VBNC, bakterie fermentacji mlekowej, czynniki stresowe, techniki badania stadium VBNC

Wprowadzenie

Od momentu pojawienia się w latach 80. XX w. pierwszych doniesień o istnieniu stadium VBNC (ang. *viable but nonculturable*) bakterii, sukcesywnie wzrasta liczba odkrywanych drobnoustrojów o zdolności przechodzenia w ten stan i czynników mogących ten stan wywołać. Stadium VBNC komórek cechuje brak zdolności wzrostu na podłożach mikrobiologicznych mimo wykazywania aktywności fizjologicznej i metabolicznej [20, 23]. Znaczenie bakterii patogennych i niepatogennych przechodzących w fazę VBNC skupia uwagę naukowców z dziedziny medycyny, biorekultywacji gleby oraz w technologii żywności. Występowanie tego zjawiska zaobserwowano wśród takich drobnoustrojów, jak: *Burkholderia* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli, Enterobacter* spp., *Enterococcus* spp., *Klebsiella* spp., *Lactobacillus* spp., *Lactococcus*

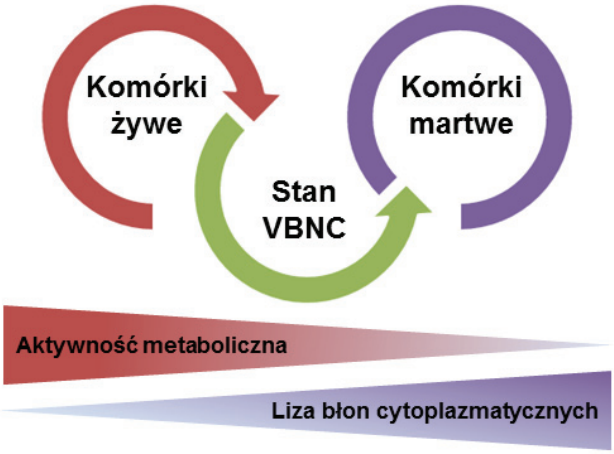
Dr M. Olszewska, prof. dr hab. Ł. Łaniewska-Trokenheim, Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Pl. Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn

spp., *Streptococcus* spp., *Micrococcus* spp, *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp. *Vibrio* spp. i in. [19]. Komórki w stadium VBNC wykazują obniżoną aktywność fizjologiczną i metaboliczną. Następuje synteza białek i modyfikacja ich składu na korzyść tzw. białek głodowych (ang. *starvation proteins*) i szoku termicznego (tzw. chaperonów), które zwiększają oporność na niekorzystne warunki. Dochodzi do utraty spójności błony cytoplazmatycznej, która powoli ulega pęknięciom, jak i podlega zmianom składu kwasów tłuszczowych. W celu podtrzymania potencjału membranowego obserwuje się też obniżenie transportu aktywnego i aktywności respiracyjnej. Komórki w stanie VBNC mogą mieć zmienione kształty, może dochodzić do ich miniaturyzacji, znacznego wydłużenia lub przechodzenia w formę kulistą (rys. 1). Kierunek zmian jest niejednoznaczny, zależy indywidualnie od szczepu i rodzaju czynnika stresującego, który te zmiany wywołuje [23]. Można oczekiwać, że np. niezadowalający stan fizjologiczny komórek bakteryjnych będzie się przejawiał zanikiem zjadliwości drobnoustrojów chorobotwórczych. Jednak wyniki badań zdają się tego nie potwierdzać – *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni, Legionella* spp., *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus* to liczna grupa drobnoustrojów zachowujących zdolność infekcji w stanie VBNC [23]. Wśród warunków zasadniczo wpływających na zmianę statusu należy wymienić: czynniki chemiczne (różnego typu substancje bakteriostatyczne), fizyczne (wysoka i niska temperatura, zmiany pH), ciśnienie osmotyczne, natlenianie, głodzenie [12, 20]. Ocena stanu fizjologicznego drobnoustrojów w warunkach niesprzyjających staje się wówczas wyzwaniem z uwagi na trudności z doborem odpowiednich metod analitycznych. Zahamowanie procesów rozmnażania pod wpływem niekorzystnych czynników ogranicza możliwości zastosowania standardowych metod polegających na określeniu zdolności do wzrostu populacji i tworzenia kolonii na podłożach mikrobiologicznych. W celu oznaczenia populacji w stanie VBNC uzasadnione jest poszukiwanie alternatywnych technik, które odwołują się do aktywności metabolicznej lub integralności struktur komórkowych. Typowy proces różnicowania się komórek VBNC przebiega według schematu zmniejszania się liczby bakterii hodowlanych przy stabilnie utrzymującej się populacji komórek wykazujących aktywność enzymatyczną i spójność struktur wewnątrzkomórkowych [19]. Zdolność powrotu bakterii VBNC do formy wegetatywnej zależy od stopnia intensywności zmian postępujących w komórce oraz od długości okresu przebywania w takim stanie, gdyż przekroczenie pewnej granicy może doprowadzić do rozpadu komórki zamiast do jej reaktywacji (rys. 2). Właściwość ta jest jednak bardzo indywidualna, bakterie mogą wracać do pełnej aktywności po różnym okresie, np. po rocznym zachowaniu stanu VBNC, jak stwierdzono u *Pseudomonas fluorescens* [19].



Rys. 1. Morfologia komórek *Lactobacillus* spp. w preparatach barwionych techniką fluorescencyjną żywe/martwe (zielone/czerwone): A – pałeczki *L. brevis* w środowsku o pH 4; B – pałeczki *L. brevis* w środowisku z dodatkiem 0,25 % soli żółci; C – pałeczki *L. plantarum* podczas inkubacji w temp. 4 °C; D - pałeczki *L. brevis* podczas inkubacji w temp. 37 °C; E – pałeczki *L. brevis* w środowisku z dodatkiem rifampicyny; F – pałeczki *L. plantarum* w środowisku z dodatkiem ampicyliny [opracowanie własne].

Fig. 1. Cell morphology of *Lactobacillus* spp. in fluorescence micrographs stained using live/dead technique (green/red) A - *L. brevis* in the environment of pH of 4; B - *L. brevis* in the invoronment with 0.25 % of bile salts added ; C - *L. plantarum* during cultivation at 4 °C; D - *L. brevis* during cultivation at 37 °C; E - *L. brevis* in the environment with rifampicin added; F - *L. plantarum* in the environment with ampicylin added [the authors' own study].



Rys. 2. Subpopulacje bakterii o odmiennym stanie fizjologicznym [opracowanie własne].
Fig. 2. Bacterial subpopulations exhibiting different physiological status [authors' own study].

Bakterie fermentacji mlekowej

Bakterie fermentacji mlekowej – LAB (ang. *lactic acid bacteria*) stanowią zespół drobnoustrojów roślin zielonych, obumarłych szczątków roślinnych oraz komensalną w przewodzie pokarmowym i błonach śluzowych ludzi i zwierząt. Odgrywają ważną rolę w prawidłowym przebiegu procesów fermentacyjnych wielu produktów i wpływają na ich właściwości sensoryczne i żywieniowe. Obok wymienionych cech zwłaszcza pałeczki z rodzaju *Lactobacillus* wywierają pozytywny wpływ na zdrowie człowieka, jako składnik współczesnej żywności funkcjonalnej. Popyt na te produkty związany jest głównie ze zmianą stylu życia społeczeństwa preferującego połączenie aspektu terapeutycznego oraz wygody. Z tego względu bakterie fermentacji mlekowej muszą spełniać wymagania dotyczące takich cech, jak: zdolność kolonizacji w przewodzie pokarmowym, zdolność przeżywania w środowisku o niskim pH oraz wysokim stężeniu soli żółci, dobra przeżywalność w trakcie procesów technologicznych oraz podczas przechowywania, antagonizm w stosunku do drobnoustrojów chorobotwórczych, udokumentowane właściwości prozdrowotne [3, 4]. Bakterie potencjalnie probiotyczne powinny być kontrolowane ze względu na bezpieczeństwo ich stosowania, w tym celu określa się m.in. oporność na antybiotyki i brak toksycznych metabolitów [3]. Wszystkie kryteria przydatności, funkcjonalności i bezpieczeństwa zawsze ocenia się indywidualnie wobec stosowanego szczepu.

Wybrane czynniki wpływające na przeżywalność LAB

Sole żółci i pH

Jednym z ważniejszych kryteriów jest oporność szczepów na kwas żołądkowy i żółć, która determinuje zdolność utrzymania żywotności w przewodzie pokarmowym na poziomie pozwalającym wykazywać korzystny wpływ na organizm gospodarza [4]. Pierwszą barierą, jaką bakterie probiotyczne powinny pokonać, jest niskie pH żołądka, spowodowane wydzielaniem przez komórki gruczołowe błony śluzowej kwasu solnego. Skrajnie niekorzystne środowisko ma stwarzać pierwszą barierę obronną przed bakteriami patogennymi pochodzącymi z żywności, jednocześnie nie wpływając na procesy trawienne w żołądku, którego enzymy wykazują optimum aktywności w tych warunkach. Drugą przeszkodą są sole żółci, produkowane w wątrobie z cholesterolu i wydzielane do dwunastnicy w celu emulsyfikacji lipidów [13]. W badaniach nad funkcjonalnością bakterii fermentacji mlekowej wymagana jest dokładna ocena ich przeżywalności i aktywności w warunkach niskiego pH i zmiennej koncentracji soli żółci.

W przewodzie pokarmowym człowieka stężenie soli żółci jest zmienne, ale nieprzekraczające 2 %. Oddziaływanie soli żółci na bakterie występujące w przewodzie pokarmowym może wywoływać obniżenie aktywności metabolicznej, reorganizację budowy ściany komórkowej oraz zmianę profilu lipidowego błony cytoplazmatycznej komórek. Skoniugowane sole żółci, które są wydzielane do dwunastnicy, mogą podlegać dekoniugacji z udziałem hydrolazy soli żółci - BSH (ang. *bile salts hydrolase*) przez drobnoustroje zasiedlające jelita [4]. BSH katalizuje hydrolizę sprzężonych z tauryną lub glicyną soli żółci do wolnych kwasów żółciowych i aminokwasów, obniżając ich zdolności emulgujące [30]. Przypuszcza się, że hydroliza soli kwasów żółciowych jest reakcją obronną przed toksycznym działaniem soli na komórki LAB. Stwierdzono, że aktywność BSH bakterii fermentacji mlekowej jest nie tylko cechą szczepozależną, ale również powiązaną z pochodzeniem szczepu – najczęściej wykrywana jest wśród szczepów pochodzenia jelitowego [30]. Aktywność BSH szczepów nie przesądza jednoznacznie o formie zachowania się komórek poddawanych stresowi soli żółci. Wyniki badań wskazują, że wolne kwasy żółciowe uwalniane przez BSH są dużo bardziej toksyczne niż ich formy skoniugowane i wykazują efekt inaktywujący komórki bakteryjne przy stężeniu 0,5 % i niższym [4]. Wobec tego szczepy LAB mogą wykazywać wrażliwość w środowisku żółci, mimo wykazywania aktywności BSH.

Bunthof i wsp. [4] zbadali oporność szczepów LAB (*Lactococcus lactis, Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus helveticus*) na zmiany pH i zdekoniugowane sole żółci. Wykazano, że małe stężenie soli żółci (0,05 %) nie wpłynęło na przeżywalność badanych szczepów bakterii fermentacji mlekowej. Zwiększenie stężenia tych soli do 0,1 % wpłynęło istotnie na zmniejszenie przeżywalności komórek, a w zakresie 0,25 -

1 % soli przeżywalność ta była jeszcze mniejsza. Ben Amor i wsp. [2], badając szczepy *Bifidobacterium*, wykazali, że wraz ze zwiększaniem dodatku soli żółci od 0; 0,05; 0,1 0,2 do 0,25 % populacja komórek żywych zmniejszała się odpowiednio do poziomu: 92, 67, 38, 4 i 3 %.

Według Bunthofa i wsp. [4] analiza tolerancji szczepów na niskie pH nie wykazała różnic między szczepami. Cechowała je oporność na pH w zakresie 3 - 6 jednostek. Jednak w środowisku o pH 2 ich przeżywalność zmniejszyła się do minimum. Papadimitriou i wsp. [22] zbadali, że szczep z gatunku *Streptococcus gallolyticus* subsp. *macedonicus* zachowywał bardzo wysoką żywotność w środowisku o pH 4, ale w pH 3 liczba komórek istotnie zmniejszyła się. Można przypuszczać, że krytyczna wartość pH warunkująca dobrą żywotność bakterii fermentacji mlekowej mieści się w przedziale 3,5 - 3. Należy podkreślić, że LAB fermentując cukry do kwasu mlekowego i kwasu octowego, stale zmuszane są – podczas cyklu życiowego – do uruchamiania mechanizmów obronnych przed uszkadzającym wpływem powstających kwasów. Największą rolę przypisuje się działaniu pomp protonowych F_1F_0-ATPaza oraz systemów: deiminazy argininy ADI (ang. *arginine deiminase*), dekarboksylazy glutaminianu GAD (ang. *glutamate decarboxylase*) i zdolności do wytwarzania chaperonów. System GAD wymusza ruch jonów glutaminianu do wnętrza komórki, ich dekarboksylację i w rezultacie usuwanie jonów γ-aminomaślanu GABA (ang. *γ gamma-aminobutyrate*). Proces może dotyczyć także pobierania jabłczanu, jego dekarboksylacji i wydzielenia mleczanu przez komórki. Cykle dekarboksylacyjne połączone z antyportem tworzą siłę protonomotoryczną PMF (ang. *proton motive force*), która napędza syntezę ATP przez F_1F_0-ATPazę. Ostatecznie dekarboksylacja i zużywanie protonów H^+ na ATP podwyższa pH komórki. Zwiększona tolerancja komórek na obniżające się pH może być także wynikiem produkcji NH_3 (system ADI), który łącząc się z protonami obecnymi w cytoplazmie tworzy NH_4^+ i podwyższa wewnątrzkomórkowe pH [5].

Temperatura

Określenie wpływu fizjologicznych czynników, tj. zdolności wzrostu i przeżywania w różnych warunkach temperaturowych, jest ważnym kryterium przydatności szczepów LAB. Poznanie ich odpowiedzi na niekorzystne warunki temperaturowe jest zadaniem wymagającym rozpatrzenia wielu czynników mogących modulować zachowanie bakterii. Z tego względu badania wpływu różnych temperatur inkubacji na przeżywalność komórek powinno rozszerzać się o badania zdolności adaptacyjnych do umiarkowanego stresu, który może zwiększać oporność na bardziej niekorzystne warunki oraz o badania molekularne zmian w profilu produkowanych białek.

Oporność bakterii gramdodatnich na niskie temperatury jest większa niż na temperatury wysokie. Ponadto, wykazują one większą oporność na niskie temperatury niż bakterie gramujemne [27]. Wpływ wysokich temperatur na rozwój mezofilnych pałe-

czek z rodzaju *Lactobacillus* jest niekorzystny. Temperatura rzędu 40 - 45 °C powoduje zahamowanie ich wzrostu. Dodatkowo, nieprawidłowo sfałdowane białka, ich agregacja, destabilizacja rybosomów i RNA oraz modyfikacje w profilu białkowo-lipidowym błon cytoplazmatycznych są najczęstszymi zmianami zachodzącymi w komórkach [7]. Komórki bakterii fermentacji mlekowej produkują białka HSPs (ang. *heat shock proteins*), które stanowią grupę białek ubikwitynowych o funkcji chaperonów oraz proteaz, chroniących przed błędami w procesie fałdowania białek lub degradujących nieprawidłowo złożone białka [15]. Podwyższona temperatura może indukować wytwarzanie różnych rodzajów białek, np. u *Lactobacillus plantarum*: chaperonów DnaK i GroEL, czynników indukcyjnych, białek rybosomowych: L1, L11, L31, S6, białek wiążących się z DNA: II HlbA oraz białek szoku zimna CspC (ang. *cold shock protein C*) [6]. Różnorodność produkowanych białek świadczy o kompleksowości procesów wpływających na fizjologię komórki, czyli aktywności chaperonów, stabilności i aktywności DNA/rybosomów, które prowadzą do reorganizacji pełnionych przez komórki funkcji. Jak wykazały badania przeprowadzone przez De Angelis i wsp. [6], oddziaływanie temperatury wyższej od optymalnej na wzrost *Lactobacillus plantarum* ujawniać się może skróceniem lag-fazy i znacznie mniejszym przyrostem populacji komórek. Niska temperatura wpływa natomiast najczęściej na spowalnianie procesów biologicznych komórek bakterii fermentacji mlekowej [29]. Po obniżeniu temperatury inkubacji z optymalnej do 16, 8 i 4 °C nie obserwuje się lag-fazy, rozwój i zamieranie populacji znacznie wydłuża się w czasie, a komórki przeżywają przez długi okres. Wykazano, że przeżywalność komórek szczepu *Lactococcus lactis* inkubowanego w 4 °C przez 28 dni była znacznie wydłużona w porównaniu z inkubacją w temp. 30 °C. Co więcej, przeżywalność *L. lactis* podczas zamrażania z wcześniejszą preinkubacją w temp. 10 °C zwiększyła się o 25 - 37 % w porównaniu z zamrażaniem bez tego zabiegu adaptacyjnego [27]. Obniżenie temperatury inkubacji indukuje procesy adaptacyjne w komórkach LAB, polegające na zahamowaniu albo obniżeniu syntezy większości białek i uruchomieniu wytwarzania białek szoku zimna CSPs (ang. *cold shock proteins*) oraz tzw. białek CIPs (ang. *cold-induced proteins*). Dochodzi do zmniejszenia płynności membran komórkowych, aktywności transkrypcyjnej i translacyjnej, efektywności procesów fałdowania białek i funkcjonalności rybosomów [15]. Mayo i wsp. [17] zidentyfikowali dwa geny zlokalizowane w różnych regionach genomu *L. plantarum*: cspL i cspP. Geny te kodują 66-aminokwasowe polipeptydy, bardzo zbliżone do siebie i do rodziny białek CSPs. CspP podlega transkrypcji do pojedynczego produktu mRNA, natomiast CspL do dwóch, w wyniku czego na etapie adaptacji do niskiej temperatury trzy białka produkowane są w zwiększonych ilościach. Derzelle i wsp. [9] dowiedli na podstawie krzywej Arrheniusa, że zakres wzrostu pałeczek *L. plantarum* dzieli się na następujące obszary: 1 – poniżej 13 °C, który cechuje wytwarzanie CSPs; 2 – między 13 a 27 °C, w którym energia aktywacji jest

stała (27 °C – temperatura optymalna); 3 – powyżej 27 °C, związany z produkcją HSPs. Dodatkowo podczas inkubacji w temp. 8 °C wykryto białka CSPs, które scharakteryzowano jako czynniki warunkujące kriotolerancję komórek: CspL przypisano rolę w łagodzeniu skutków obniżenia tempa namnażania i adaptacji do temperatur nieznacznie niższych od optymalnych. CspC przypisuje się związek z procesami adaptacyjnymi i regeneracyjnymi komórek, natomiast nadprodukcja CspP może wspomagać żywotność komórek podczas chłodniczego przechowywania. Bakterie fermentacji mlekowej są zatem zdolne do wzrostu po obniżeniu temperatury inkubacji o 15 i więcej °C, choć w wolniejszym tempie.

Oporność na antybiotyki

Bakterie fermentacji mlekowej wykazują oporność na antybiotyki. Jest ona w wielu przypadkach wrodzona i nieulegająca transmisji. Jednak wśród wielu szczepów LAB wykryto plazmidowe geny oporności mogące ulegać przenoszeniu, co ma wpływ na aspekt bezpieczeństwa stosowania szczepów LAB w żywności. Jedną z ważniejszych przesłanek eliminujących takie szczepy jako probiotyczne jest transmisja genów oporności na elementach ruchomych do komórek bakterii patogennych lub potencjalnie patogennych. Ze strony szczepów z wrodzoną opornością na antybiotyki zagrożenie to jest niewielkie. Co więcej, naturalna antybiotykooporność LAB może odnosić pozytywny skutek u osób poddawanych kuracjom przeciwdrobnoustrojowym przez przeciwdziałanie znacznemu wyjałowieniu przewodu pokarmowego [3].

Większość gatunków z rodzaju: *Lactobacillus, Lactococcus, Streptococcus, Pediococcus, Leuconostoc, Bifidobacterium* wykazuje wrodzoną oporność na metronidazol, sulfonamidy, trimetoprym. Bakterie fermentacji mlekowej wykazują wrażliwość na antybiotyki działające jako inhibitory syntezy ściany komórkowej lub inhibitory β-laktamaz (piperacylina, tazobaktam) oraz znacznie mniejszą wrażliwość na cefalosporyny [1]. W literaturze podawane są dowody świadczące o oporności LAB na β-laktamy. Lavanya i wsp. [14] przebadali probiotyczne szczepy *Lactobacillus* i stwierdzili, że były oporne na penicylinę i ampicylinę. Głównym mechanizmem oporności pałeczek fermentacji mlekowej na antybiotyki jest nieprzepuszczalność ściany komórkowej, wynikająca z braku funkcjonalnych cytochromów łańcucha transportu elektronów. Współoddziaływanie różnych niespecyficznych mechanizmów, tj. białek transportowych (tzw. pompy MDR – ang. *multidrug resistance*) w błonie cytoplazmatycznej oraz zmodyfikowane w różnym stopniu systemy autolityczne komórek mogą powodować różnice w oporności [1]. Dowiedziono, że większość gatunków z rodzaju *Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc* wykazuje wysoką oporność na glikopeptydy. Występowanie oporności bakterii fermentacji mlekowej na wankomycynę budzi szczególne obawy z powodu potencjału transmisyjnego oporności tego antybiotyku – określanego mianem ostatniej szansy – w stosunku do innych bakterii. Opor-

ność na wankomycynę jest jednak związana z występowaniem w warstwie peptydoglikanu D-Ala-D-mleczanu, zamiast D-Ala-D-dipeptydu. Oporność ta w konsekwencji wynika z braku docelowych receptorów dla antybiotyku i jest cechą wrodzoną, niezwiązaną z plazmidami *vanA* i *vanB*, ulegającymi transmisji wśród paciorkowców *Enterococcus* [8]. Wiele bakterii fermentacji mlekowej wykazuje wrażliwość na antybiotyki hamujące syntezę RNA (np. rifampicyna) oraz białek (tj. chloramfenikol, erytromycyna, tetracyklina). W komórkach LAB mogą znajdować się plazmidowe geny oporności, ulegające przenoszeniu, jak zostało to udokumentowane w przypadku niektórych szczepów z rodzaju *Lactobacillus, Lactococcus, Bifidobacterium* poprzez identyfikację genów: *cat* (chloramfenikol), *erm* (erytromycyna), *tet* (tetracyklina) [1]. Co więcej, Lavanya i wsp. [14] wskazali na rifampicynooporność szczepów *Lactobacillus*. Oznaczyli tę cechę jako wrodzoną, nieplazmidową i ostatecznie uznali przebadane szczepy probiotyczne (*Lactobacillus pentosum* L08, *Lactobacillus jungurthi* L10, *Lactobacillus reuteri* L16, *Lactobacillus fermentum* L18, *Lactobacillus plantarum* L29, *Lactobacillus brevis* L43, *Lactobacillus casei* L47) za bezpieczne dla człowieka. Bakterie fermentacji mlekowej wykazują stosunkową oporność lub oporność na aminoglikozydy (neomycyna, kanamycyna, streptomycyna, gentamycyna) i jest to cecha wrodzona, która wynika z budowy ściany komórkowej oraz nieprzepuszczalności błony połączonej z usuwaniem substancji antybiotycznej na zewnątrz komórki [1].

Wyniki badań potwierdzają, że wrażliwość bakterii fermentacji mlekowej na antybiotyki jest cechą szczepozależną, dlatego też każdorazowo powinno się wymagać testowania szczepów LAB w kierunku poznania ich profili antybiotykoodporności. Bardzo istotnym zagadnieniem staje się więc ujednolicenie procedury oznaczania oporności LAB. Nie ma standardowej metodyki określającej kryteria oznaczania i interpretacji antybiotykooporności bakterii fermentacji mlekowej [3]. Niedawno Instytut Standardów Klinicznych i Laboratoryjnych CLSI (ang. *Clinical and Laboratory Standards Institute*) zaliczył pałeczki *Lactobacillus* do grupy „bakterii rzadko izolowanych i wymagających", sugerując stosowanie metody MIC na podłożu Mueller-Hinton z krwią końską, np. zamiast metody dyfuzyjno-krążkowej [3]. Bunthof i wsp. [4] zaproponowali fluorescencyjną technikę żywe/martwe jako metodę skriningu oporności bakterii na różnego rodzaju substancje przeciwdrobnoustrojowe, w tym antybiotyki. Do rutynowego badania LAB w kierunku oporności na antybiotyki konieczne jest ujednolicenie procedur, jako nadrzędnego kryterium bezpieczeństwa stosowania LAB w żywności. Dodatkowo testy tego rodzaju powinny zostać uzupełnione o określenie mechanizmów oporności, potwierdzających brak horyzontalnego transferu genów. Jak podaje Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności – EFSA (ang. *European Food Safety Authority*) szczepy z wrodzoną opornością lub opornością nabytą w wyniku mutacji genów chromosomowych kwalifikują się do grupy niskiego ryzyka transferu genów i nie wyklucza się ich stosowania w żywności [10]. Według EFSA wprowadze-

nie badań profili antybiotykooporności i mechanizmów transmisyjnych jako rutynowych potrzebne jest w celu nadania statusu QPS (ang. *Qualified Presumption of Safety*) szczepom stosowanym przemysłowo, w tym probiotycznym. Antybiotyki, jako przykład czynników stresujących, mogą również stymulować wśród bakterii przejście do stanu VBNC. Wówczas osiągnięcie stanu niehodowalności jest formą przetrwania bakterii w stresującym środowisku, kosztem rozmnażania i innych procesów życiowych, jak i może stać się zagrożeniem dla zdrowia człowieka. Należy uwzględnić możliwość przenoszenia oporności na antybiotyki z bakterii w stadium VBNC do bakterii patogennych. Szczególnie niepokojące jest występowanie zjawiska większej oporności na antybiotyki komórek VBNC niż ich form wegetatywnych [23], zatem należałoby także rozważyć potrzebę badania stanu VBNC bakterii fermentacji mlekowej w aspekcie bezpieczeństwa.

Stadium VBNC bakterii fermentacji mlekowej a techniki służące jego badaniu

Celowość stosowania alternatywnych technik w badaniach zmian stanu fizjologicznego bakterii fermentacji mlekowej znajduje uzasadnienie w kontekście występowania przyczyn wpływających na niedoszacowanie liczby bakterii oznaczanych stosowaną rutynowo w analityce metodą hodowlaną. Ryzyko niedoszacowania wynika z możliwości występowania komórek LAB w skupieniach, łańcuszkach i w konsekwencji w pojedynczej kolonii z pojedynczej komórki. Innym powodem niedokładności mogą być trudności z doborem podłoża hodowlanego oraz warunków inkubacji, wynikające z wysokich wymagań odżywczych i środowiskowych bakterii fermentacji mlekowej i z niepewności ich optymalizacji dla gatunku, a nawet szczepu. Należy również uwzględnić występowanie w populacji komórek niezdolnych do wzrostu na podłożach hodowlanych, czyli w stadium VBNC [25, 28, 29]. Zmiana stanu fizjologicznego LAB indukowana przez stres komórkowy objawia się najszybciej zahamowaniem procesów rozmnażania. Badanie tego rodzaju odpowiedzi uzasadnia stosowanie np. fluorescencyjnych technik, które pozwalają dokładnie ocenić stan populacji, z podziałem na subpopulacje [24, 29]. Zastosowanie fluorescencyjnych technik umożliwia badanie fizjologii komórek bakterii pod względem różnych cech strukturalnych i funkcjonalnych [12]. Stosowanie różnych barwników fluorescencyjnych umożliwia m.in. badanie stabilizacji błon cytoplazmatycznych, genomu, pH wewnątrzkomórkowego, aktywności enzymatycznej czy elektrochemicznego potencjału membranowego komórek bakterii [22, 25].

Stan VBNC bakterii fermentacji mlekowej dotyczy zarówno komórek poddawanych działaniu stresowych czynników środowiskowych, jak również stanowiących mikroflorę produktów i szczepionek starterowych przechowywanych długoterminowo. Populacja komórek LAB w stanie VBNC może być efektem działania szoku temperaturowego, głodu wywołanego brakiem lub wyczerpaniem się składników odżywczych,

jak też obecnością różnych substancji bakteriostatycznych (najczęściej kwasy, sole żółci) [4, 11, 16, 18, 22]. Gatti i wsp. [11] przeprowadzili analizę mikrobiologiczną szczepionek mleczarskich z użyciem metod LIVE/DEAD BacLight® oraz płytkowej. Zaobserwowano, że liczba komórek LAB oznaczona metodą fluorescencyjną była większa w porównaniu z liczbą bakterii pozyskaną metodą hodowlaną. Na tej postawie zdefiniowano subletalny stan fizjologiczny komórek, które charakteryzowały się utratą zdolności do podziałów i spójnością błon cytoplazmatycznych. Te obserwacje zbieżne są także z innymi wynikami badań. Moreno i wsp. [18], analizując przeżywalność probiotycznych szczepów LAB w produktach fermentowanych metodą hodowlaną, uzyskali mniejszą liczbę komórek w porównaniu z metodą barwienia fluorescencyjnego SYTO9®/PI (ang. /*propidium iodine*). Różnice zależały od szczepu i rodzaju produktu. Rault i wsp. [25], w celu oceny użyteczności parametrycznego barwienia CFDA/PI (ang. *carboxyfluorescein diacetate/propidium iodine*), w badaniach przeżywalności szczepów *Lactobacillus delbrueckii,* podczas głęboko mrożonego przechowywania wyraźnie wskazują na zalety tej techniki, która okazała się pomocna w wyróżnieniu subpopulacji komórek żywych, martwych i uszkodzonych w wyniku panujących warunków. Quirós i wsp. [24], stosując metody łączonego barwienia ChemChromeV6® z PI oraz CFU (ang. *colony forming unit*), przedstawili wiarygodny podział populacji na trzy podpopulacje, podkreślając znaczny udział komórek w VBNC podczas hodowli *Lactobacillus hilgardii* Lc2. Sunny-Roberts i Knorr [28] badali probiotyczny szczep *Lactobacillus rhamnosus* VTT E-97800 poddany zmianom ciśnienia osmotycznego, wykazując jego tolerancję na te zmiany i nieznaczną utratę wzrostu na podłożach mikrobiologicznych, dzięki porównaniu wyników uzyskanych barwieniem CFDA i metodą hodowlaną. Rault i wsp. [26] wykazali różnice pod względem liczby komórek *L. bulgaricus* CFL1 pomiędzy tymi z uszkodzeniami membran, zachowującymi aktywność enzymatyczną, potencjał membranowy, wewnątrzkomórkowe pH i zdolność wzrostu na podłożach, stosując odpowiednio: PI, CFDA, $DIBAC_4(3)$ (ang. *Bis-(1,3-dibutylobarbituric acid (trimethionine oxonol*)), ester bursztynianu CFDA oraz metodę płytkową w trakcie procesu fermentacyjnego. Łaniewska-Trokenheim i wsp. [16] zastosowali wewnątrzkomórkowy znacznik esteraz oraz metodę hodowlaną w badaniach wzrostu i zamierania populacji szczepów *Lactobacillus* spp. w mleku. Stwierdzili w populacji powiększanie się liczby osobników niezdolnych do wzrostu na pożywce hodowlanej wraz z czasem trwania hodowli. Olszewska i wsp. [21] wykazali rozbieżności między liczbami komórek szczepu *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* B100.6 w maśle, oznaczonymi techniką LIVE/DEAD® i metodą hodowlaną, wskazujące na stan VBNC części populacji podczas 4-tygodniowego przechowywania w temp. 6 °C. Podkreślono zaletę metody LIVE/DEAD®, która sprawdziła się do śledzenia zmian udziału populacji żywej i martwej pałeczek *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*. Warmińska-Radyko i wsp. [29] zastosowali tę samą metodę barwienia do określenia prze-

żywalności szczepów *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* C62, *L. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* C75*, L. lactis* ssp. *cremoris* C83 w mleku z dodatkiem NaCl i w temp. 10 °C. Po porównaniu liczby paciorkowców otrzymanych z fluorescencji i metody hodowlanej stwierdzono, że badane szczepy mogą przechodzić w stan VBNC w efekcie panujących warunków. Bunthof i wsp. [4], zastosowali fluorescencyjne metody różnicujące żywe i martwe komórki w badaniach wpływu czynników fizykochemicznych na przeżywalność LAB. Na postawie wyników stwierdzono, że np. dodatek soli żółci w stężeniu 0,1 % według wskazań metody fluorescencyjnej obniżał liczbę komórek w zależności od szczepu o 10 - 50 %, według metody płytkowej o 60 - 70 %, co pozwala domniemywać, że populacja wyłaniania się w stanie VBNC. Papadimitriou i wsp. [22], stosując połączenie metod fluorescencji i posiewów płytkowych, precyzyjnie określili wrażliwość szczepu *Streptococcus gallolyticus* subsp. *macedonicus* na działanie kwasów i przedstawili podział populacji tego szczepu z wyróżnieniem stanu niehodowalności. Zastosowanie techniki FISH (ang. *fluorescence in situ hybridization*) w detekcji i śledzeniu zmian aktywności fizjologicznej bakterii fermentacji mlekowej również dostarcza interesujących obserwacji. Jej potencjał, jako metody kontroli stanu fizjologicznego LAB, jest obecnie weryfikowany. Technika FISH pozwala odpowiednio zaprojektować sondy oligonukleotydowe rRNA. Metody fluorescencyjne stanowią zatem cenną alternatywę, ponieważ przyjmują jako kryterium detekcji komórek inne wyznaczniki żywotności niż rozmnażanie. Zestawienie różnych technik uwzględniających odmienne wskaźniki stanu fizjologicznego komórek może stać się atutem w analizach wielowymiarowości populacji oraz wzbogacić wiedzę o fizjologii bakterii fermentacji mlekowej.

Podsumowanie

Wiele gałęzi przemysłu spożywczego wykorzystuje działalność wyselekcjonowanych drobnoustrojów. Szerokie zastosowanie, zwłaszcza w produkcji żywności fermentowanej, znajdują bakterie fermentacji mlekowej, które uznaje się za niezmiernie ważne dla zdrowia człowieka. Rozszerzenie zakresu zastosowania wskazanych w powyższej pracy metod o badania odpowiedzi LAB na stres pozwala przeprowadzić kompleksową analizę wrażliwości bakterii na czynniki niekorzystne, wynikające z kryteriów stawianym bakteriom przeznaczonym do zastosowania przemysłowego i probiotycznego.

Literatura

[1] Ammor M.S., Belén Flórez A., Mayo B.: Antibiotic resistance in non-enterococcal lactic acid bacteria and bifidobacteria. Food Microbiol., 2007, **24**, 559-570.

[2] Ben Amor K., Breeuwer P., Verbaarschot P., Rombouts F.M., Akkermans A.D.L., De Vos W.M., Abee T.: Multiparametric flow cytometry and cell sorting for the assessment of viable, injured, and dead *Bifidobacterium* cells during bile salt stress. Appl. Environ. Microbiol., 2002, **68 (11)**, 5209-5216.

[3] Bernardeau M., Vernoux J.P., Henri-Dubernet S., Guéguen M.: Safety assessment of dairy microorganisms: The *Lactobacillus* genus. Int. J. Food Microbiol., 2008, **126**, 278-285.

[4] Bunthof C., Bloemen K., Breeuwer P., Rombouts F., Abee T.: Flow cytometric assessment of viability of Lactic Acid Bacteria. Appl. Environ. Microbiol., 2001, **67 (5)**, 2326-2335.

[5] Cotter P.D., Hill C.: Surviving the acid test: responses of gram-positive bacteria to low pH. Microb. Mol. Biol. Rev., 2003, **67 (3)**, 429-453.

[6] De Angelis M., Di Cagno R., Huet C., Crecchio C., Fox P.F., Gobbetti M.: Heat shock response in *Lactobacillus plantarum.* Appl. Environ. Microbiol., 2004, **70 (3)**, 1336-1346.

[7] De Angelis M., Gobbetti M.: Environmental stress responses in *Lactobacillus*: a review. Proteomics, 2004, **4**, 106-122.

[8] DeLisle S., Perl T.M.: Vancomycin-resistant enterococci: a road map on how to prevent the emergence and transmission of antimicrobial resistance. Chest, 2003, **123**, 504S-518S.

[9] Derzelle S., Hallet B., Ferain T., Delcour J., Hols P.: Improved adaptation to cold-shock, stationary-phase, and freezing stresses in *Lactobacillus plantarum* overproducing cold-shock proteins. Appl. Environ. Microbiol., 2003, **69 (7)**, 4285-4290.

[10] EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ): Scientific Opinion on the maintenance of the list of QPS biological agents intentionally added to food and feed (2011 update). EFSA J. 201, 9 (12), 2497, p. 82.

[11] Gatti M., Bernini V., Lazzi C., Neviani E.: Fluorescence microscopy for studying the viability of micro-organisms in natural whey starters. Lett. Appl. Microbiol., 2006, 338-343.

[12] Joux F., Lebaron F.: Use of fluorescent probes to assess physiological functions of bacteria at single-cell level. Microbes Infection, 2000, **2**, 1523-1535.

[13] Kraszewska J., Wzorek W., Sztando E.: Wybrane właściwości probiotyczne szczepów *Lactobacillus plantarum* i możliwości ich wykorzystania w produkcji bioaktywnych napojów słodowych. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2005, **4 (1)**, 27-38.

[14] Lavanya B., Sowmiya S., Balaji S., Muthuvelan B.: Plasmid profiling and curing of *Lactobacillus* strains isolated from fermented milk for probiotic applications. Adv. J. Food Sci. Tech., 2011, **3 (2)**, 95-101.

[15] Lorca G.L., De Valdez G.F.: *Lactobacillus* stress responses. *Lactobacillus* Molecular Biology: From Genomics to Probiotics, 2009, pp. 117-137.

[16] Łaniewska-Trokenheim Ł., Olszewska M., Mikš-Krajnik M., Zadernowska A.: Patterns of survival and volatile metabolites of selected *Lactobacillus* strains in long-term incubation in milk. J. Microbiol., 2010, **48 (4)**, 445-451.

[17] Mayo B., Derzelle S., Fernández M., Léonard C., Ferain T., Hols P., Suárez J.E., Delcour J.: Cloning and characterization of cspL and cspP, two cold-inducible genes from *Lactobacillus plantarum*. J. Bacteriol., 1997, **179 (9)**, 3039-3042.

[18] Moreno Y., Collado M., Ferrus M., Cobo J., Hernandez E., Hernandez M.: Viability assessment of lactic acid bacteria in commercial dairy products stored at 4°C using LIVE/DEAD BacLight staining and conventional plate counts. Int. J. Food Sci. Technol., 2006, **41**, 275-280.

[19] Oliver J.D.: The viable but nonculturable state in bacteria. J. Microbiol., 2005, **43**, 93-100.

[20] Olszewska M., Łaniewska-Trokenheim Ł.: Badania stanu „niehodowalności" komórek bakterii fermentacji mlekowej w niesprzyjających warunkach rozwoju. Med. Wet., 2011, **67 (2)**, 105-109.

[21] Olszewska M., Staniewski B., Łaniewska-Trokenheim Ł.: Cell viability of *Bifidobacterium lactis* strain in long-term storage butter assessed with the plate count and fluorescence techniques. Czech J. Food Sci., 2012, **30 (5)**, 421-428.

[22] Papadimitriou K., Pratsinis H., Nebe-Von-Caron G., Kletsas D., Tsakalidou E.: Rapid assessment of the physiological status of *Streptococcus macedonicus* by flow cytometry and fluorescence probes. Int. J. Food Microbiol., 2006, **111**, 197-205.

[23] Paszyńska-Wesołowska I., Bartoszcze M.: Bakterie w stadium VBNC – zagrożenie dla zdrowia człowieka. Med. Wet., 2009, **65 (4)**, 228-231.

[24] Quirós C., Herrero M., Garcia L.A., Diaz M.: Application of flow cytometry to segregated kinetic modeling based on the physiological states of microorganisms. Appl. Environ. Microbiol., 2007, **73 (12)**, 3993-4000.

[25] Rault A., Beal C., Ghorbal S., Ogier J.-C., Bouix M.: Multiparametric flow cytometry allows rapid assessment and comparison of lactic acid bacteria viability after freezing and during frozen storage. Cryobiology, 2007, **55**, 35-43.

[26] Rault A., Bouix M., Béal C.: Fermentation pH influences the physiological-state dynamics of *Lactobacillus bulgaricus* CFL1 during pH-controlled culture. Appl. Environ. Microbiol., 2009, **75 (13)**, 4374-4381.

[27] Sanders J.W., Venema G., Kok J.: Environmental stress responses in *Lactococcus lactis*. Microbiol. Rev., 1999, **23**, 483-501.

[28] Sunny-Roberts E.O., Knorr D.: Evaluation of the response of *Lactobacillus rhamnosus* VTT E-97800 to sucrose-induced osmotic stress. Food Microbiol., 2008, **25**, 183-189.

[29] Warmińska-Radyko I., Olszewska M., Mikš-Krajnik M.: Effect of temperature and sodium chloride on the growth and metabolism of *Lactococcus* strains in long-term incubation of milk. Milchwissenschaft, 2010, **65**, 32-35.

[30] Ziarno M.: Znaczenie aktywności hydrolazy soli żółci u bakterii z rodzaju *Bifidobacterium*. Biotechnologia, 2005, **2 (69)**, 183-195.

RESPONSES OF LACTIC ACID BACTERIA TO STRESS – VBNC STATE

S u m m a r y

A VBNC state (viable but nonculturable) is referred to the population of living bacterial cells that are nonculturable in culture media. This state of lactic acid bacteria can be caused by: variable temperature conditions, a decreased pH value of the environment, or the presence of bile salts and other bacteriostatic agents. A population to retain a VBNC state cannot be analysed using traditional methods because of a limiting criterion, which is the culturability of bacteria on soft microbiological media. The application of the techniques, which analyse different anatomical and/or physiological parameters of cells regardless of their ability to grow on culture media, is justified when assessing lactic acid bacteria in terms of usability, functionality, and safety.

Key words: VBNC state, lactic acid bacteria, stress-inducing factors, techniques for VBNC state analysis

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 29 – 41

JACEK KIJOWSKI, GRZEGORZ LEŚNIEROWSKI, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA

JAJA CENNYM ŹRÓDŁEM SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH

S t r e s z c z e n i e

Jaja kurze uważane są za doskonałą żywność oferowaną przez naturę. American Heart Association w 2006 r. zrewidowało swoje wcześniejsze stanowisko i nie ogranicza aktualnie spożycia jaj w tygodniowej diecie. Ze względu na nowo odkryte multifunkcjonale właściwości jaja są dobrym źródłem bioaktywnych składników, zwanych też nutraceutykami. Dla człowieka mają one znaczenie żywieniowe oraz prozdrowotne. Te cechy zachowują wszystkie jaja kurze, niezależnie od sposobu ich pozyskania. W opracowaniu szczegółowo scharakteryzowano nowo odkryte prozdrowotne właściwości następujących komponentów jaj: lizozymu, cystatyny, awidyny, owotransferyny, lecytyny, luteiny, zeaksantyny, retinolu, cholekaciferolu, α-tokoferolu, foswityny, immunoglobuliny (IgY) i kwasu sialowego. Opisano też jaja projektowane, o składzie wzbogaconym w pożądane składniki, uzyskane w zaplanowanym systemie żywienia ptaków.

Słowa kluczowe: jaja kurze, składniki bioaktywne, jaja wzbogacone

Wprowadzenie

Wielu konsumentów zastanawia się, czy konsumpcja większej liczby jaj kurzych stwarza ryzyko dla ich zdrowia. Obawy pojawiały się od 1972 r. na skutek rozpowszechniania przez American Heart Association (AHA) (Stowarzyszenie Kardiologów USA) oświadczenia o charakterze rekomendacji żywieniowej, że tygodniowo nie należy spożywać więcej niż 3 jaj. Głoszono wówczas opinię, że cholesterol w diecie wpływa na jego podwyższoną zawartość w plazmie (osoczu) krwi. Misją społeczną AHA jest dbanie o zdrowy styl życia, ograniczający choroby układu sercowo-naczyniowego i przypadki zawałów. Stowarzyszenie to, zrzeszające głównie autorytety medyczne, zrewidowało po kilkudziesięciu latach podejście do jaj przedstawianych jako źródło nadmiaru cholesterolu, tłuszczu i kalorii. W oficjalnych oświadczeniach AHA nie wymienia już jaj wśród żywności, której należy unikać lub którą powinno się

Prof. dr hab. J. Kijowski, dr hab. inż. G. Leśnierowski, dr R. Cegielska-Radziejewska, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

ograniczać w codziennej diecie oraz nie traktuje ich jako czynnika wzrostu ryzyka chorób serca i układu naczyniowego [1, 37, 39]. Stowarzyszenie nadal rekomenduje nieprzekraczanie w codziennej diecie zdrowego człowieka 300 mg cholesterolu, a chorego (diabetycy, pacjenci z hipercholesterolemią, z wysokim ryzykiem zagrożenia chorobą układu sercowo-naczyniowego) 200 mg cholesterolu, biorąc pod uwagę wszystkie jego źródła, czyli produkty pochodzenia zwierzęcego. Badania naukowe prowadzone przez ostatnie 50 lat w Japonii, USA, Kanadzie i w Europie zmieniły nastawienie do spożywania większej liczby jaj [7, 42]. Średniej wielkości jajo kury zawiera około 200 - 215 mg cholesterolu i to tylko w żółtku. Zastosowanie metod hodowlanych i biologicznych lub zmiana żywienia kur pozwala zmniejszyć jego zawartość w jaju o ok. 25 - 30 % [21, 51]. Do ras kur znoszących jaja o mniejszej zawartości cholesterolu, rzędu 150 mg, należy krajowa Zielononóżka kuropatwiana, którą rekomenduje się na producenta jaj o ograniczonej ilości tego sterolu. Z drugiej jednak strony zmniejszanie zawartości cholesterolu w jajach drastycznie ogranicza wylęgowość jaj, co świadczy o istotnej biologicznej roli cholesterolu w tworzeniu nowego życia [3]. Z zapłodnionego jaja w ciągu 18 - 21 dni wykluwa się pisklę w pełni zdolne do samodzielnego życia. Oznacza to, że jajo zawiera odpowiedni zestaw naturalnych składników niezbędnych do powstania nowego życia. Z uwagi na cenne składniki i znaczącą prozdrowotną wartość dla organizmu człowieka jajo jest doskonałą żywnością funkcjonalną. Wyniki badań przeprowadzonych w ostatnich latach dowodzą, że koniecznie należy zrewidować poglądy na rolę jaja kurzego w żywieniu człowieka. Te nowe trendy dobitnie określa sformułowane ostatnio hasło: „*egg every day is OK*" („ jajo każdego dnia jest OK") [39, 53].

Włączenie do codziennej diety jaj, zwłaszcza tzw. projektowanych, funkcjonalnych o zwiększonej roli prozdrowotnej, jest bardzo korzystne [53, 57, 58, 60]. Doniesienia naukowe z ostatnich lat wskazują, że jaja mogą obniżyć ryzyko wystąpienia wielu chorób. Substancje odżywcze z jaja mogą wzmacniać kondycję i uzupełniać niepełną dietę w wymagane składniki [22, 51, 53]. W jajach można stosunkowo łatwo uzupełnić te składniki, których brakuje w odżywianiu całych populacji. Okazuje się bowiem, że zwiększenie zawartości określonych składników w paszy dla drobiu może znacząco zwiększyć ich ilość w jaju [10, 52, 62].

Proteiny części białkowej jaja

Skład chemiczny treści jaja: białka i żółtka, jest szczegółowo poznany [16, 59], dlatego można się ograniczyć do przytoczenia następujących danych:

- jajo składa się w 58 % z białka, w 30 % - z żółtka, w 11 % ze skorupy i w 1% z błon podskorupowych,
- białko jaja zawiera blisko 88 % wody, 10,5 % białek, 1 % węglowodanów i 0,5 % związków mineralnych,

- znanych jest około 15 białkowych składników białka jaja, różnych pod względem budowy, funkcji i znaczenia,
- spożycie jednego jaja realizuje ok. 25 % zapotrzebowania dorosłego człowieka na pełnowartościowe białko. Według FAO/WHO białko jaja jest międzynarodowym wzorcem żywieniowej wartości białka ze względu na skład i proporcję zawartych w nim aminokwasów,
- spożycie całego jaja powoduje uczucie „nasycenia", co sprzyja ograniczeniu pobierania kalorii z pożywienia i utrzymaniu właściwej masy ciała,
- białko jaja jest łatwe do strawienia zarówno dla dzieci jak ludzi w podeszłym wieku, których dotyka często bolesny zanik mięśni (*sarcopenia*),
- dla kobiet w ciąży jajo ma istotną wartość jako źródło pełnowartościowego białka, które służy optymalnemu wzrostowi i rozwojowi dziecka w życiu płodowym, jak również obniża ryzyko niskiej masy porodowej.

Szczególne znaczenie dla antybakteryjnej funkcji białka jaja ma obecność w nim lizozymu, konalbuminy i awidyny oraz inhibitorów różnych enzymów.

Lizozym należy do ważnych składników białka jaja. Został odkryty w 1922 r. przez Fleminga, który przypisywał mu potencjalnie większą rolę niż odkrytej przez siebie kilka lat później (w latach 1928 - 38) penicylinie. Jest to białko o silnych właściwościach antybakteryjnych, chroniących jajo przed inwazją mikroorganizmów, głównie szczepów bakterii gramdodatnich [6, 35, 45]. Po wyizolowaniu z jaja zachowuje te cenne właściwości, stąd duże jego znaczenie praktyczne, zwłaszcza w utrwalaniu żywności, ale także w medycynie, weterynarii i farmacji [17, 18, 19, 27, 28]. Obecnie prowadzone są prace nad poszerzeniem spektrum antybakteryjnego działania enzymu metodą modyfikacji do formy oligomerycznej, która wykazuje nową, tzw. specyficzną aktywność skierowaną także przeciwko bakteriom gramujemnym [13, 14]. Również w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu prowadzone są takie badania. Dotyczą one tej nowej antybakteryjnej aktywności lizozymu oraz sposobów jej uzyskania. Opracowano dotąd kilka metod modyfikacji enzymu, głównie termicznych i termiczno-chemicznych, prowadzących do jego oligomeryzacji, odpowiedzialnej za polepszenie funkcjonalności białka. Modyfikacje te prowadzą do uzyskania preparatów zawierających od 50 do 70 % oligomerów, w tym 30 - 40 % dimeru, który, zgodnie z obecnym stanem wiedzy, jest głównym czynnikiem powodującym występowanie nowych właściwości lizozymu [27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34].

Cystatyna jest inhibitorem enzymów papainy i ficyny oraz katepsyn i peptydaz. Łańcuch polipeptydowy tego białka wykazuje wysoką (około 44-procentową) homologię sekwencyjną z cystatyną ludzką i charakteryzuje się dużą stabilnością, stąd jej zastosowanie w badaniach klinicznych. Może być także zastosowana jako składnik gum do żucia oraz past do czyszczenia zębów i płynów do płukania jamy ustnej [20]. Hamuje rozwój proteaz cysteinowych wydzielanych przez wirusy, stąd możliwość zasto-

sowania jej do hamowania rozwoju wirusów, w tym wirusa HIV [5, 9, 46, 47]. W Polsce badania nad cystatyną prowadzone są w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu, przy współudziale innych ośrodków badawczych. W ich efekcie uzyskano nowe informacje o białku, opracowano metody jego pozyskiwania z jaja kurzego oraz określono kierunki wykorzystania [8, 9, 20, 60].

Awidyna wchodzi w skład tzw. naturalnej bariery ochronnej treści jaja. Obok wielu cennych właściwości wykazuje także toksyczne działanie wobec niepożądanych owadów, muchy domowej, muszek uszkadzających oliwki, rozkruszka mącznego, szkodników liści tytoniu. Istnieje więc możliwość jej zastosowania także jako naturalnego pestycydu [51, 59].

Owotransferyna wiąże żelazo, utrudniając dostęp bakterii. Jest więc wraz z lizozymem, cystatyną i awidyną także komponentem bakteriostatycznym jaja [15, 55].

Albumina jaja dominuje w białku jaja. Jest naturalnym biopolimerem i znajduje zastosowanie jako nowy rodzaj, nadających się do spożycia, bezpośrednich opakowań żywności i produktów kapsułkowanych, a wykazuje lepsze właściwości użytkowe niż jadalne osłonki glutenowe, sojowe czy kukurydziane. Stanowi też dobry nośnik zapachów, przeciwutleniaczy i antybakteryjnych substancji stosowanych w żywności [24, 59].

Tłuszcze żółtka

Tłuszcze żółtka wykazują szczególnie wysoką wartość biologiczną, ponieważ mają dobre proporcje nienasyconych kwasów tłuszczowych w stosunku do nasyconych (jak 2 : 1) oraz zawierają dużo cennych fosfolipidów (ok. 30 % sumy lipidów, z czego 70 % to fosfatydylocholina) [41, 63]. Do szczególnie wartościowych składników żółtka jaja zalicza się specyficzne kwasy tłuszczowe, lecytynę i cholinę, ksantofile, witaminy, foswitynę oraz immunoglobuliny.

Kwasy tłuszczowe są bogatym źródłem kwasu arachidonowego oraz dokozaheksaenowego (DHA). Zawartość i proporcje tych kwasów mają duże znaczenie dla prawidłowego wzrostu niemowląt i budowy ich centralnego układu nerwowego. Kwasy te stanowią zatem również składniki ulepszonych preparatów mleka dla niemowląt oraz odżywek dla osób starszych i rekonwalescentów [51, 54, 56].

Lecytyna obecna w tłuszczach żółtka jaja zaliczana jest do fosfolipidów, w których reszta fosforanowa zestryfikowana jest choliną. Odgrywa istotną rolę w tworzeniu biologicznych ścian komórkowych, jak również we właściwym transportowaniu przez nie określonych składników. Fosfolipidy jaja, zawierające lecytynę, są naturalnymi substancjami powierzchniowo aktywnymi i znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle żywnościowym, farmaceutycznym oraz kosmetycznym. Żółtko zawiera ok. trzykrotnie więcej, łatwiej przyswajalnej lecytyny niż soja, główne źródło pozyskiwania tego związku [23, 48, 60]. W ścisłym związku z lecytyną pozostaje inny bar-

dzo ważny składnik tłuszczów żółtka – **cholina,** która wchodzi w skład niektórych fosfolipidów, a w szczególności właśnie lecytyny oraz sfingomieliny. Żółtko jest bogatym źródłem choliny [7], gdyż jedno jajo zawiera jej aż 280 mg, głównie w postaci fosfatydylocholiny. Uważana jest ona za substancję „witaminopodobną" (była wcześniej nazywana witaminą B_4) ze względu na istotne znaczenie biologiczne. Ilość choliny potrzebnej do sprawnego funkcjonowania organizmu człowieka, w tym mózgu, systemu nerwowego i metabolizmu wątroby, jest stosunkowo duża: 0,5 – 4,0 g dziennie. Cholina. bierze także udział w transporcie ważnych składników w organizmie człowieka oraz w funkcjonowaniu wszystkich komórek [64]. Istotna jest w diecie kobiet w okresie ciąży, karmiących piersią, gdyż ma wpływ na prenatalny i noworodkowy rozwój mózgu i rdzenia kręgowego (centralnego układu nerwowego). Wykazano, że pobieranie choliny ma też wpływ na poprawę długotrwałej pamięci oraz na funkcje uczenia się. Podawana pacjentom ogranicza ryzyko zespołu wrodzonych wad układu nerwowego (ang. *NTD*), nawet gdy w diecie jest dostarczany kwas foliowy. Ostatnie badania potwierdzają istotne znaczenie choliny dla funkcji pamięci [7]. W badaniach na zwierzętach wykazano, że spadek pamięci związany ze starzeniem się organizmu może być opóźniony, gdy dieta matki będzie suplementowana choliną w czasie ciąży. Pojawiają się też informacje, że dieta zawierającą dużą ilość przyswajalnej choliny (dieta jajeczna) może ograniczać ryzyko wystąpienia demencji, otępienia charakterystycznego dla choroby Alzheimera. Są też informacje o obniżonym, o 24 %, ryzyku raka piersi u kobiet pobierających najwyższy poziom choliny w relacji do tych, które pobierały jej najmniej. Podobny efekt stwierdzono przy dużym spożyciu jaj. Tylko ok. 10 % ludzi pobiera rekomendowaną ilość choliny. Głównym źródłem choliny są: mięso bydlęce, wątroba kurcząt oraz jaja. Jedno jajo dziennie powoduje, że poziom choliny wzrasta do 25 - 50 % rekomendowanego pobrania. Ograniczenia spożycia jaj z obawy o pobieranie w diecie nadmiaru cholesterolu spowodowało krótko- i długoterminowe skutki niedoboru choliny, obserwowane w USA [64, 65].

Fosfatydylocholina, jako źródło choliny w jaju, odgrywa istotną rolę w przemianie kwasu foliowego w czasie trwania ciąży i w rozwoju centralnego układu nerwowego niemowląt i małych dzieci. Bierze również udział w korzystnym dla człowieka metabolizmie tłuszczów, wzmaga funkcje metaboliczne wątroby, ogranicza ryzyko przypadków choroby Alzheimera. Również przypisuje się jej rolę w zmniejszaniu ryzyka wystąpienia chorób nowotworowych.

Ksantofile, w które żółtko jaja jest niezwykle zasobne [11], to biologicznie aktywne substancje należące do karotenoidów (tlenowych karotenów). Jako pomocnicze barwniki fotosyntezy pełnią funkcję przeciwutleniaczy, przez co chronią komórkę, a zwłaszcza chloroplasty, przed szkodliwym działaniem reaktywnych form tlenu [38]. W jajach ptaków pełnią funkcję barwników żółtka, przy czym jasnożółty jego odcień jest charakterystyczny dla jaj pochodzących od kur skarmianych paszą bazującą na

pszenicy lub jęczmieniu. Bardziej intensywną barwę żółtą mają jaja kur skarmianych kukurydzą. Intensywnie pomarańczową – nie zawsze preferowaną przez krajowych konsumentów z uwagi na wrażenie nienaturalnej – uzyskuje się po zastosowaniu paszy z dodatkiem ekstraktu z nagietka. Zatem intensywna barwa żółtka nie zawsze musi pochodzić z podwyższonego poziomu karotenoidów. Intensywne zabarwienie żółtek jest pożądane, gdy przeznacza się je do produkcji makaronów, pieczywa cukierniczego i majonezu.

Ksantofile jaja, takie jak **luteina i zeaksantyna**, mają istotne znaczenie w profilaktyce zdrowotnej oczu, zwłaszcza podczas postępującego z wiekiem pogorszenia widzenia, obniżają bowiem ryzyko wystąpienia degeneracji plamki żółtej oka (*macula lutea*), głównego źródła nieodwracalnej utraty wzroku, jak również katarakty. Luteina z jaja jest trzykrotnie lepiej przyswajalna przez człowieka niż z innych źródeł, przypuszczalnie z powodu rozpuszczenia w lecytynie żółtka. Spożycie 6 jaj w tygodniu powoduje wzrost ksantofili we krwi, ale również zwiększa poziom ksantofili pigmentu regionu żółtej plamki o blisko 50 % [12, 25]. W innych badaniach [40] stwierdzono zmniejszenie ryzyka katarakty, powodującej znaczne koszty leczenia populacji starzejących się ludzi. Zawartość luteiny i zeaksantyny można zwiększyć 5 - 10-krotnie poprzez dodatek ekstraktu nagietka (*marigold*) do paszy. W wielu krajach można kupić jaja wzbogacane w ksantofile.

Witaminy. Jajo jest źródłem niemal wszystkich witamin, z wyjątkiem witaminy C. Szczególnie duża ich zawartość dotyczy rozpuszczalnych w tłuszczach żółtka witamin: A (retinol), D (cholekaciferol) i E (α-tokoferol) [26, 54]. Obecnie u ludzi często obserwowany jest deficyt przede wszystkim witaminy D. Z badań wynika, że 40 % dzieci wykazuje w organizmie niedostateczny poziom tej witaminy, a wśród nastolatków jej niedobór jest jeszcze większy i wynosi 42 %. Z badań przeprowadzonych w USA wynika, że niedobór witaminy D może prowadzić do zwiększonego o 26 % ryzyka zgonu. Badania wskazują również na istotne korelacje pomiędzy wysokim poziomem witaminy D a obniżeniem ryzyka rozwoju chorób chronicznych [14]. W przypadku chorób układu sercowo-krążeniowego ryzyko zredukowano o 33 %, cukrzycy typu II – o 55 %, syndromu metabolicznego – o 51 %. Syndrom metaboliczny ma miejsce, gdy jednocześnie obserwuje się podwyższony poziom cukru we krwi, nadciśnienie i otyłość – to stan, który medycyna określa jako: „zawał jest kwestią czasu". Naturalna zawartość witaminy D w jaju może być zwiększona 3 - 5 razy wraz z modyfikacją składu paszy drobiowej [54]. Takie jaja znajdują się już w sprzedaży w wielu krajach.

Innym ważnym składnikiem jaja jest witamina E, która należy do najbardziej skutecznych naturalnych przeciwutleniaczy, a jej zawartość w żółtku jest znacząca i może być jeszcze zwiększona. Jajo jest też dobrym źródłem witamin z grupy B tj. B_1, B_2, B_6, B_{12}, kwasu pantotenowego, niacyny, kwasu foliowego i biotyny [7, 51, 54].

Foswityna stanowi ważny element frakcji granularnej żółtka jaja. Białko to składa się z dwóch frakcji o masie cząsteczkowej 160 i 190 kDa i jest głównym źródłem fosforu występującego w żółtku jaja [9]. Bardzo łatwo tworzy związki kompleksowe z lipowiteliną, występującą w żółtku oraz z jonami metali, takimi jak: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+} i Fe^{3+}. Stanowi nośnik jonów Ca^{2+} i Fe^{2+} oraz wiąże prawie całe żelazo zawarte w żółtku, co decyduje o jej właściwościach antyoksydacyjnych [2]. Charakterystyczną cechą foswityny jest jej skład aminokwasowy, w którym występuje duża ilość seryny (ok. 54 %) przy jednoczesnym braku metioniny, tryptofanu i tyrozyny. Białko wykazuje bardzo dobre właściwości emulgujące i stabilizujące emulsje, lepsze od występujących w innych białkach stosowanych w produkcji żywności. Niekonwencjonalne właściwości foswityny sprzyjają coraz większemu praktycznemu jej wykorzystaniu zarówno w przemyśle spożywczym, jak i farmaceutycznym [20].

Immunoglobuliny (IgY) – poliklonalne przeciwciała, zwykle produkuje się z krwi immunizowanych małych ssaków: myszy, szczurów, królików i in. [4]. Nowe możliwości stworzyła ich produkcja z immunizowanych kur niosek – przeciwciała pojawiają się w żółtku jaja i stamtąd są następnie izolowane [49]. Jajo jest dogodniejszym inkubatorem produkcji specyficznych przeciwciał. Jest również znaczącym źródłem specyficznych dla naturalnego jaja immunoglobulin [44, 50]. W ostatnich latach obserwuje się postęp w produkcji immunoglobulin na skalę przemysłową. Japońska firma biotechnologiczna Taiyo Kagaku od kilku lat produkuje IgY przeciwko bakterii *Streptococcus mutant* wywołującej próchnicę zębów. Przeciwciałami specyficznymi IgY wzbogaca się w Japonii np. cukierki, dzięki czemu dzieci zabezpieczają się przed rozwojem tej cywilizacyjnej choroby.

Inne składniki jaja kurzego

W makroskopowej budowie jaja ptaków, oprócz żółtka i białka, występuje także skorupa wraz z błonami podskorupowymi, błona witelinowa otaczającą żółtko oraz chalazy. Do niedawna składniki te, uzyskiwane jako uboczne produkty procesu wybijania i filtracji w przetwórstwie jaj, traktowane były jako nieużyteczne i wykorzystywane jedynie do produkcji mączek dodawanych do pasz dla zwierząt. Znaczny postęp technologiczny związany z nowymi metodami badań i coraz doskonalszą aparaturą badawczą pozwolił na wyodrębnienie z tych utylizacyjnych produktów wielu różnorodnych substancji, czyniąc je pełnowartościowymi częściami jaja. Na szczególną uwagę zasługują związki mineralne oraz kwas sialowy.

Związki mineralne – w jaju występują cenne pierwiastki, jak: fosfor, selen, żelazo, cynk, stosunkowo łatwo przyswajalne z naturalnych połączeń organicznych stanowiących odpowiednio ok. 16, 29, 9 i 9 % rekomendowanego dziennego ich pobrania. Skorupa jaja jest dobrym źródłem przyswajalnego wapnia i po odpowiednim spreparowaniu stanowi źródło cennych preparatów farmaceutycznych (wiele wytwarzanych

w Japonii), podawanych m.in. kobietom cierpiącym na osteoporozę [36, 43]. Wielką zaletą jaja jako źródła witamin, związków mineralnych, związków biologicznie aktywnych (luteina), bioaktywnych białek jest ich wysoka biologiczna dostępność oraz przyswajalność [61].

Kwas sialowy – to stosunkowo niedawno odkryty składnik żółtka, błony witelinowej otaczającej żółtko i ubocznych produktów powstających przy produkcji ciekłych i suszonych przetworów jajecznych tj. skrętków białkowych zwanych chalazami i błon podskorupowych. Jest produkowany na skalę przemysłową. Wykorzystanie izolowanego z jaja kwasu sialowego to nowa koncepcja tworzenia kolejnej generacji leków przeciwzapalnych i doustnych antyinflamatorów na bazie węglowodanów. Ten związek obecny w sjalooligosacharydach białka jaja jest silnym czynnikiem antywirusowym i antybakteryjnym [16]. Znalazł już zastosowanie w hamowaniu infekcji rotawirusowej (*rotawirus diarrhoea*), wywołującej groźne biegunki u dzieci i u podróżnych.

Jaja kurze projektowane (ang. *dessigned eggs*)

Kilka lat temu w produkcji żywności została uruchomiona linia wzbogacania (fortyfikacji) żywności w pożądane składniki. Technicznie stosunkowo łatwo jest zmodyfikować skład kwasów tłuszczowych żółtka poprzez podawanie odpowiednich komponentów nioskom w paszy. Dzięki temu można w znacznym stopniu podwyższyć poziom określonych składników [41, 52, 58, 63]. Głównym źródłem pasz wzbogacanych w kwasy polienowe *n-3* są względnie tanie mączki rybne, inne produkty pochodzenia morskiego, fitoplankton oraz ziarna lnu bogate w te składniki [10, 41]. W celu ochrony przed pojawianiem się w jaju obcego, niepożądanego zapachu i smaku, podaje się ściśle określone ilości przeciwutleniaczy, głównie tokoferoli. Na międzynarodowym rynku żywności jest już wielu producentów tak zmodyfikowanych jaj, np. jaja-Omega, Columbus, super-egg, greckie jaja [7]. Wzbogacanie zawartości jaj stosowane już w praktyce obejmuje: wielonienasycone kwasy tłuszczowe, kwasy polienowe *n-3*, witaminy A, D, E, K i mikroelementy, jak selen i jod [56, 57]. Oprócz projektowanych, wzbogacanych jaj, wytwarza się wzbogacone płynne produkty, np. jaja dla seniorów wzbogaca się w DHA, kofeinę, witaminy B_{12} i D [54]. Podobne produkty mogą też być kierowane do kobiet w ciąży, karmiących matek i młodych sportowców, w tym kulturystów budujących większą masę mięśni.

Zapotrzebowanie na żywność wygodną, bezpieczną i wspomagającą zdrowie jest znaczące i ciągle rosnące. Jaja mogą być żywnością o charakterze nutraceutyków, tj. żywności o funkcjach prozdrowotnych, a nawet leczniczych, które można w bardzo naturalny sposób pobierać [41, 60].

Jaja wzbogacone mogą zawierać kilkakrotnie więcej cennych biologicznie aktywnych składników np. [39]:

- 6 razy więcej kwasu α-linolowego (15 % Rekomendowanego Dziennego Pobrania - RDA),
- 3 razy więcej DHA – kwasu dokozaheksaenowego (100 % RDA),
- 3 razy więcej witaminy D (30 % RDA),
- 4 razy więcej kwasu foliowego (70 % RDA),
- 6 razy więcej witaminy E (66 % RDA),
- 6 razy więcej luteiny i zeaksantyny,
- 2,5 razy więcej jodu (100 % RDA),
- 4 razy więcej selenu (45 % RDA).

Podsumowanie

Jaja kurze należą do najbardziej wartościowych produktów żywnościowych i ze względu na swoje multifunkcjonalne właściwości szeroko wykorzystywane są w przemyśle żywnościowym. Należy oczywiście pamiętać o tym, że dla ptaków głównym celem znoszenia jaj jest wydanie nowego życia, a cel ten może być zrealizowany tylko dzięki temu, że ich jaja zawierają niezbędne do życia składniki, z których większość wykazuje tzw. aktywność biologiczną. Natomiast z punktu widzenia człowieka jaja to z jednej strony żywność, a z drugiej – źródło tych życiodajnych substancji. Zawarte w jaju białka, lipidy, substancje mineralne, węglowodany, witaminy oraz inne bioaktywne substancje wykorzystywane są do produkcji żywności o właściwościach prozdrowotnych oraz preparatów o znaczeniu medycznym. Te niezwykłe cechy zachowują wszystkie kurze jaja znajdujące się na rynku, niezależnie od sposobu ich produkcji. Nie ma bowiem racjonalnych przesłanek twierdzenie, że jaja od kur z chowu ekologicznego, z dostępem do wybiegu oraz innych alternatywnych chowów są dla konsumenta bardziej wartościowe od konwencjonalnie produkowanych w systemie intensywnym, wielkofermowym (w klatkach czy klatkach ulepszonych zgodnie z wymaganiami UE), jeśli nie zastosowano specjalnych procedur żywienia. Odmienne proporcje biologicznie aktywnych składników w jaju pojawiają się w zależności od diety kur, sposobu ich żywienia, innych komponentów celowo dodawanych do paszy. Należy się jednak liczyć ze znacznym wzrostem kosztów produkcji jaj, np. wzbogacanych w kwasy wielonienasycone *n-3*.

Jak dowodzą wyniki badań mikrobiologicznych, skorupy jaj z chowów alternatywnych są silniej zanieczyszczone mikrobiologicznie pałeczkami *Salmonella Enteritidis* niż te z ferm produkcji konwencjonalnej, nadzorowanych przez odpowiedzialne służby weterynaryjne. Właśnie skorupy jaj są głównym źródłem przenoszenia tych patogenów do żywności. Zanieczyszczenie pałeczkami z rodzaju *Salmonella* treści jaja, czyli białka, a zwłaszcza żółtka, zdarzają się bardzo sporadycznie. Dodatkowo

przed infiltracją bakterii do centrum jaja chronią liczne antybakteryjne składniki, które opisano w artykule.

Jaja charakteryzują się określonymi właściwościami, które pod względem funkcjonalnym są ważne w technologii żywności. Są użytkowane do klarowania wina i soków, pokrywania powierzchni wyrobów piekarniczych, nadawania połysku ciastkom i wyrobom piekarniczym, do zmiękczania pieczywa i zapobiegania jego kruszeniu, do zagęszczania sosów itp.

Literatura

[1] American Heart Association Nutrition Committee: Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. Circulation, 2006, **114 (1)**, 82-96.

[2] Anton M.: Composition and structure of egg components. In: Bioactive egg compounds. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 1-24.

[3] Botsoglou N.A., Yannakopoulos A.L., Fletouris D.J. Tserveni-Gouissi A.S., Psomas I.E.: Yolk fatty acid composition and cholesterol content in response to level and form of dietary flaxseed. J. Agric. Food Chem., 1998, **46**, 4652-4656.

[4] Bukowski R., Podlasz P., Wąsowicz K.: Ptasie przeciwciała IgY – zalety i zastosowania. Postępy Biol. Komórki, 2005, **32 (4)**, 597-602.

[5] Chen G.H., Tang S.J., Chen C.S., Jialg S.T.: Overexpression of soluble form of chicken cystatin in *Escherichia coli* and its purification. J. Agric. Food Chem., 2000, **48**, 2602-2067.

[6] Danyluk B., Kijowski J.: Wpływ monomeru lizozymu na rozwój bakterii *Clostridium tyrobutyricum*. Przem. Spoż., 2001, **12**, 16-19.

[7] Froning G.M.: The amazing egg. In: The Amazing Egg. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 17-32.

[8] Gołąb K., Gburek J., Gaweł A., Warwas M.: Changes in chicken egg white cystatin concentrations and isoforms during embryogenesis. Br. Poultry Sci., 2002, **42**, 394-398.

[9] Gołąb K., Warwas M.: Białka jaja kurzego – właściwości biochemiczne i zastosowanie. Adv. Clin. Exp. Med., 2005, **14**, 1001-1010.

[10] Grabowski T.: Jaja spożywcze Omega-3. Polskie Drobiarstwo, 2006, **2**, 17-20.

[11] Grashorn M.A., Steinberg W.: Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. Arch. Geflugelkd., 2002, **66**, 258-262.

[12] Handelman G.J., Nightingale Z.D., Lichtenstein A.H., Schaefer E.J., Blumberg J.B.: Lutein and zeaxantin concentrations in plasma after supplementation with egg yolk. Am. J. Clin. Nutr., 1999, **70**, 247-251.

[13] Ibrahim H.R.: On the novel catalytically – independent antimicrobial function of hen egg-white lysozyme: A conformation – dependent activity. Nahrung, 1998, **42**, 187-193.

[14] Ibrahim H.R., Higashiguchi S., Sugimoto Y., Aoki T.: Role of divalent cations in the novel bactericidal activity of the partially unfolded lysozyme. J. Agric. Food Chem., 1997, **4**, 89-94.

[15] Juneja L.R.: Egg yolk lipids. In: Hen eggs-their basic and applied science. Eds.: T. Yamamoto, R.L. Juneja, H. Hatta, M. Kim. CRC Press Inc. New York 1997, pp. 73-98.

[16] Juneja L.R.: Biological characteristics of egg components, specifically sialyloligosacchrides in egg yolk. In: Egg nutrition and biotechnology. Eds.: J.S. Sim, S. Nakai, W. Guenter. CABI Wallingford, UK, 2000, pp. 233-242.

[17] Kiczka W.: Od monomeru do dimeru lizozymu. Życie Wet. 1994, **4A**, 131-136.
[18] Kijowski J., Leśnierowski G.: Wykorzystanie lizozymu do utrwalania żywności w diagnostyce medycznej i farmakologii. Biotechnologia, 1995, **2 (29)**, 130-141.
[19] Kijowski J., Marciszewska C., Cegielska-Radziejewska R.: Quality and microbiological stability of chilled chicken breast muscles treated with a lysozyme solution. Pol. J. Food Nutrition Sci., 2002, **11/52, (2**), 47-54.
[20] Kopeć W.: Rozdział treści jaja na składniki oraz wytwarzanie produktów izolowanych z jaj o wysokiej wartości biologicznej lub funkcjonalnej. W: Jajczarstwo. Red. T. Trziszka. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 2000, ss. 409-436.
[21] Kovac-Nolan J., Philips M., Mine Y.: Advances in the value of eggs and egg components for human health. J. Agric. Food Chem., 2005, **53**, 8421-8431.
[22] Kritchevsky S.B., Kritchevsky D.: Egg consumption and coronary heart disease: an epidemiologic overview. J. Am. Coll. Nutr., 2000, **19**, 549-555.
[23] Lange R.: Egg lecithin's: processing technologies and potential for health-based applications. In: The Amazing Egg. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 195-218.
[24] Lechevalier V., Croguennec T., Nau F., Guérin-Dubiard C.: Ovalbumin and gene-related proteins. In: Bioactive egg compounds. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 51-60.
[25] Lesson S.: Lutein-enriched eggs transfer of lutein into eggs and health benefits. In: The Amazing Egg. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 171-180.
[26] Lesson S., Caston L.J.: Vitamin enrichment of eggs. J. Appl. Poult. Res., 2003, **12**, 24-26.
[27] Leśnierowski G.: Fizykochemiczne metody modyfikacji i pomiaru aktywności lizozymu. Rozpr. nauk., 387. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań 2007, **387**, ss. 1-104.
[28] Leśnierowski G.: Nowe sposoby fizykochemicznej modyfikacji lizozymu. Nauka Przyroda Technologie, 2009, **3 (4)**, 1-18.
[29] Leśnierowski G., Borowiak R.: Wysokotemperaturowa modyfikacja lizozymu. Acta Sci. Pol. Biotechnol., 2010, **9 (2)**, 23-32.
[30] Leśnierowski G., Borowiak R.: Zastosowanie rezorcyny jako środka ochronnego lizozymu podczas jego wysokotemperaturowej modyfikacji. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **2 (81)**, 131-142.
[31] Leśnierowski G., Cegielska-Radziejewska R.: Potential possibilities of production, modification and practical application of lysozyme. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2012, **11 (3)**, 223-230.
[32] Leśnierowski G., Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J.: Antibacterial activity of thermally modified lysozyme. EJPAU Food Sci. Technol., 2001, **4 (2)**, 1-9.
[33] Leśnierowski G., Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J.: Thermally and chemical thermally modified lysozyme and its bacteriostatic activity. World's Poultry Sci. J., 2004, **60**, 303-309.
[34] Leśnierowski G., Kijowski J.: Próba otrzymania dimeru lizozymu z białka jaja kurzego. Mat. XXXI Sesji Naukowej Komitetu Technologii i Chemii Żywności PAN, Poznań 2000, ss. 309-310.
[35] Leśnierowski G., Kijowski J.: Lysozyme. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 33-42.
[36] Mann K., Macek B., Olsen J.: Proteomic analysis of the acid-soluble organic matrix of the chicken calcified eggshell layer. Proteomics, 2006, **6**, 3801-3810.
[37] Mc Namara D.J.: The impact of egg limitations on coronary heart disease risk: do the numbers add up?. J. Am. Coll. Nutr., 2000, **19 (5)**, 5405-5485.
[38] McNamara D.J.: Egg xantophylls and health implications. In: The Amazing Egg. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 95-110.
[39] Mc Namara D.J.: Eggs: A world of possibilities. World Poultry, 2010, **26 (7)**, 36-37.

[40] Moeller S.M., Jacques P.F., Blumberg J.B.: The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration. J. Am. Coll. Nutr., 2000, **19**, 522-527.

[41] Nain S., Renema R.A., Korver D.R., Zuidhof M.J.: Characterization of the *n-3* polyunsaturated fatty acid enrichment in laying hens fed an extruded flax enrichment source. Poult. Sci., 2012, **91**, 720-1732.

[42] Nakamura R.: Innovative egg products and future trends in Japan. In: Egg uses and processing technologies. New developments. Eds.: J.S. Sim, I.S. Nakai, CABI International, Wallingford, UK, 1994, pp. 34-45.

[43] Nys Y., Gautron J.: Structure and formation of eggshell. In: Bioactive egg compounds. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin, 2007, pp. 99-115.

[44] Palaniyappan A., Das D., Kammila S., Suresh M.R., Sunwoo H.H.: Diagnostics of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus (SARS-CoV) nucleocapsid antigen using chicken immunoglobulin Y. Poult. Sci., 2012, **91**, 636-642.

[45] Proctor V.A., Cuningham F.E.: The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical, CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 1988, **26 (4)**, 359-395.

[46] Réhault S.: Proteases. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin 2007, pp. 81-83.

[47] Réhault S.: Antiproteases. In: Bioactive egg compounds. Eds. R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 81-92.

[48] Rossi M.: Use of lecithin and lecithin fractions. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 229-240.

[49] Schade R., Chacana P.A.: Livetin fractions (IgY). In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 25-31.

[50] Schade R., Zhang X.Y., Terzolo H.R.: Use of IgY antibodies in human and veterinary medicine. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 213-221.

[51] Seuss-Baum I.: Nutritional evaluation of egg compounds. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin Heildelberg 2007, pp. 117-144.

[52] Sim J.S.: Designer egg concept: perfecting egg through diet enrichmengt with ω-3 PUFA and cholesterol stability. In: Egg nutrition and biotechnology. Eds.: J.S. Sim, S. Nakai, W. Guenter. CABI Wallingford, UK, 2000, pp. 135-150.

[53] Sim J.: Why designer eggs? A Canadian story for egg lovers around the world. In: The Amazing Egg. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 1-13.

[54] Sirri F., Barroetta A.: Enrichment in vitamins. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 171-182.

[55] Superti F., Ammendolia M.G., Berlutti F., Valenti P.: Ovotransferrin. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 43-50.

[56] Surai P.F., Papazyan T.T., Speake B.K., Sparks N.H.C.: Enrichment in selenium and other trace elements. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 183-190.

[57] Surai P.F., Simons P.C.M., Dvorska J.E., Aradas F., Sparks N.H.C.: Antioxidant – enriched eggs: opportunities and limitations. In: The Amazing Egg. Eds.: J.S. Sim, H.H. Sunwoo. University of Alberta, Edmonton, Canada, 2006, pp. 68-93.

[58] Surai P.F., Sparks N.H.C.: Designer eggs: From improvement of egg composition to functional food. Trends Food Sci. Technol., 2001, **12**, 7-16.

[59] Trziszka T.: Budowa i skład chemiczny jaja. W: Jajczarstwo. Red. T. Trziszka. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 2000, ss. 147-188.
[60] Trziszka T.: Nowej generacji nutraceutyki na bazie surowca jajczarskiego. Mat. Konf. PTTŻ nt. Żywność wzbogacona i nutraceutyki. Oddz. Małopolski PTTŻ, Kraków 2009, ss. 18-19.
[61] Wellman-Labadie O., Picman J., Hincke M.T.: Avian antimicrobial proteins: structure, distribution and activity. World's Poultry Sci. J., 2007, **63**, 421-437.
[62] Wężyk S.: Wpływ paszy na wartość dietetyczną jaj spożywczych. Polskie Drobiarstwo, 2007, **3**, 51-53.
[63] Yannakopoulos A.L.: Egg enrichment in omega-3 fatty acids. In: Bioactive egg compounds. Eds.: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandiño, M. Anton, R Schade. Springer-Verlag. Berlin 2007, pp. 159-170.
[64] Zeisel S.H.: Choline needed for normal development of memory. J. Amer. Coll. Neutr., 2000, **19**, 528-531.
[65] Zeisel S.H.: Choline: the "new" essential nutrient. Nutrition close-up. Special report. 2003, Egg Nutrition Center, Washington,//www.eggnutritioncenter.org/page/nutrition-close-up-special-reports.

CHICKEN EGGS: SOURCE OF VALUABLE BIOACTIVE COMPONENTS

S u m m a r y

Chicken eggs are considered to be nature's perfect food. In 2006, the American Heart Association have revised their previous standpoint and, presently, they do not limit egg consumption in the weekly diet plan. Considering the newly discovered multifunctional properties, chicken eggs are a rich source of bioactive compounds known, also, as nutraceutics. The latter are important nutrients and medicals for humans. All chicken eggs retain those special features irrespective of how they are obtained. In the paper, there were characterized in detail the newly discovered pro health properties of the following egg components: lysozyme, cystatin, avidin, ovotransferrin, lecithin, lutein, zeaxanthin, retinol, cholecalciferol, α-tocopherol, phosvitin, immunoglobulin (IgY), and sialic acid. There were also described the designed eggs the composition of which was enriched with desirable components, to be obtained under a feeding schedule for those birds.

Key words: chicken eggs, bioactive components, enriched eggs

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 42 – 51

TOMASZ SZABLEWSKI, EWA GORNOWICZ, KINGA STUPER-SZABLEWSKA, ANNA KACZMAREK, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA

SKŁAD MINERALNY TREŚCI JAJ KUR RAS ZACHOWAWCZYCH Z CHOWU EKOLOGICZNEGO

S t r e s z c z e n i e

Jaja wyróżniają się znaczną wartością odżywczą i stanowią składnik wielu produktów żywnościowych. Wynika to z zawartości w ich treści wielu niezbędnych dla życia składników, w tym także mineralnych. Skład mineralny jaja kurzego jest zmienny i w znacznej mierze zależy od czynników żywieniowych oraz genetycznych. Celem badań było porównanie zawartości dziewięciu makro- i mikroelementów w treści jaj kur wybranych ras zachowawczych: Zielononóżka kuropatwiana, Żółtonóżka kuropatwiana, Rhode Island Red i Sussex, utrzymywanych w warunkach gospodarstwa ekologicznego i żywionych w jednakowy sposób. Wybrane pierwiastki oznaczono metodą AAS. Wykazano istotne zróżnicowanie jaj pod względem zawartości pierwiastków, zależne od rasy kur. Największą zawartość magnezu (161,13 mg·kg^{-1}), miedzi (1,46 mg·kg^{-1}) i selenu (0,35 mg·kg^{-1}) stwierdzono w treści jaj kur Sussex. Jaja kur Rhode Island Red zawierały najwięcej potasu (1377,02 mg·kg^{-1}), żelaza (47,63 mg·kg^{-1}) i manganu (151,50 mg·kg^{-1}). Zielononóżka kuropatwiana znosi jaja, w treści których wykazano największą zawartość cynku (23,33 mg·kg^{-1}), a w przypadku Żółtonóżki kuropatwianej – sodu (1820,92 mg·kg^{-1}) i wapnia (618,21 mg·kg^{-1}).

Słowa kluczowe: kura, rasa, jaja, składniki mineralne, ekologia

Wprowadzenie

Jaja należą do grupy produktów spożywczych charakteryzujących się wysoką wartością odżywczą, związaną z zawartością i proporcją w ich treści wielu składników odżywczych, takich jak: białka o wysokiej wartości biologicznej, lipidy, witaminy i składniki mineralne [14].

Dr inż. T. Szablewski, dr inż. A. Kaczmarek, dr R. Cegielska-Radziejewska, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, dr K. Stuper-Szablewska, Katedra Chemii, Wydz. Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań; dr hab. E. Gornowicz, prof. nadzw., Instytut Zootechniki – PIB, Stacja Zasobów Genetycznych Drobiu Wodnego w Dworzyskach, 62-036 Kórnik

Skład mineralny jaja kurzego może być modyfikowany np. poprzez dobór warunków utrzymania, w tym skład podawanej paszy [8, 13]. Treść jaja jest szczególnie bogata w jony takich pierwiastków, jak: fosfor, chlor, potas, sód, siarka, wapń, magnez, i żelazo. W ilościach mniejszych, a nawet śladowych, występują jony: cynku, fluoru, bromu, jodu, miedzi, manganu, arsenu, boru, baru, chromu, glinu, krzemu, litu, molibdenu, ołowiu, rubidu, selenu, strontu, kobaltu, tytanu, uranu, wanadu i srebra [6]. W składzie mineralnym jaja w grupie makropierwiastków największe znacznie ma fosfor. Spożycie jednego średniego jaja pokrywa w 13 % dzienne zapotrzebowanie człowieka na ten pierwiastek. Duża jest również zawartość elektrolitów ustrojowych, tj. sodu i chloru (pokrycie 12 % dziennego zapotrzebowania), przy niewielkiej 2-procentowej podaży potasu. Wśród mikropierwiastków jajo kurze cechuje duża zawartość żelaza i cynku, a spożycie jednego jaja pokrywa odpowiednio w 10 i 6 % zapotrzebowanie człowieka na te metale. Natomiast średnia zawartość jodu i selenu w jajach może pokryć to zapotrzebowanie odpowiednio w 7,5 i 13 % [9, 10].

Zmiany, jakie zachodzą w sposobie odżywiania, jak również w zakresie wymagań jakościowych i bezpieczeństwa zdrowotnego żywności powodują, że konsument, w warunkach nadmiernej podaży jaj z intensywnej produkcji fermowej, szuka na rynku jaj od kur żywionych paszami bez dodatku komponentów modyfikowanych genetycznie i korzystających z zielonych wybiegów. Jednym z możliwych rozwiązań, służących spełnieniu wymagań konsumentów i zapewnieniu wysokiego dobrostanu niosek, może być ekologiczny typ ich utrzymania. W chowie kur prowadzonym metodami ekologicznymi ich nieśność jest stosunkowo mała, co wynika w dużej mierze z żywienia bez dodatków stymulujących produkcyjność czy też wzmagających apetyt bądź aminokwasów syntetycznych itp. Dlatego też na uwagę zasługują modele ekologicznej produkcji jaj, polegające na doborze odpowiednich cech genetycznych ptaków i dostosowaniu im żywienia, w celu pozyskania jaj o wysokich walorach odżywczych i dietetycznych oraz dobrej efektywności ekonomicznej ich produkcji. Wyniki dotychczasowych badań [4], a także zalecenia wynikające z rozporządzeń dotyczących produkcji ekologicznej wskazują, że regionalne rasy zwierząt są bardziej predysponowane do chowu ekologicznego. Także rasy zachowawcze kur (Rhode Island Red, Zielononóżka, Żółtonóżka, Sussex i inne) oraz ich mieszańce mogą przyczynić się, przy dobrych wskaźnikach użytkowości, do pozyskania jaj o odpowiednich walorach dietetycznych i odżywczych [12, 18].

Celem badań była ocena zawartości wybranych pierwiastków w treści jaj kur ras zachowawczych: Zielononóżka kuropatwiana, Żółtonóżka kuropatwiana, Rhode Island Red i Sussex, utrzymywanych w warunkach gospodarstwa ekologicznego.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły kury czterech ras/rodów zachowawczych: Sussex (S-66), Rhode Island Red (R-11), Żółtonóżka kuropatwiana (Ż-33) i Zielononóżka kuropatwiana (Z-11). Wyboru grup ptaków dokonywano na podstawie zdolności kur do dostosowania się do miejscowych warunków, żywotności i odporności na choroby. Uwzględniono różnorodność biologiczną, propagowaną w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r.

Pisklęta wszystkich grup doświadczalnych wylężone w tym samym dniu wstawiono do wychowu w jednakowych warunkach technologicznych. Ptaki od 7. tygodnia życia utrzymywano w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Zootechniki PIB Grodziec Śląski Sp. z o.o., w certyfikowanym Gospodarstwie Ekologicznym w Jaworzu (PL-EKO-09/927/10) i karmiono w jednakowy sposób. Ptaki otrzymywały pasze o wartości pokarmowej odpowiedniej dla danego okresu wzrostu kur. Żywione były paszą złożoną ze składników uzyskanych w produkcji ekologicznej oraz z naturalnych substancji nierolniczych, która nie zawierała organizmów genetycznie modyfikowanych ani produktów wyprodukowanych z nich lub z ich udziałem. W okresie produkcji nieśnej, tj. od 19. dnia życia, kury żywiono własnymi paszami ekologicznymi (pszenica, jęczmień, peluszka, bobik, groch) oraz zakupioną pszenicą, dodatkami mineralnymi i żwirkiem wapniowym. Mieszanka paszowa zawierała minimum 65 % śrut zbożowych i była przygotowywana w gospodarstwie ekologicznym Jaworze, które jest wyposażone we własną mieszalnię pasz. Zawartość podstawowych składników pokarmowych, mineralnych oraz mikroelementów przedstawiono w tab. 1. Wartości te obliczono zgodnie z normami [16]. Ponadto kury miały stały dostęp do wybiegu, którym było pastwisko o powierzchni około 2 ha i wysokiej bioróżnorodności.

W 30. tygodniu życia kur wybierano po 20 jaj z każdej grupy doświadczalnej do oznaczeń zawartości pierwiastków. W każdej grupie jaja dzielono na pięć prób po 4 sztuki, wybijano je i treść homogenizowano. Następnie pobierano 0,3 g homogennej masy jajowej i spalano w mineralizatorze mikrofalowym Mars 5-CEM Corporation (Matthews, NC, USA). Zawartość wybranych pierwiastków: sodu, wapnia, potasu, magnezu, żelaza, cynku, miedzi, manganu i selenu oznaczano metodą spektrometrii absorbcji atomowej (AAS), z użyciem spektrometru AA Duo-AA280FS/AA280Z (Agilent Technologies, Mulgrave, Victoria, Australia). Stosowano jednopierwiastkowe lampy katodowe HCL firm Varian oraz Perkin Elmer. Dla każdego z metali wdrażano procedurę optymalizacji warunków oznaczania.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica PL v. 9.0. Wykonano analizę dyskryminacyjną w celu określenia istotności różnic ilości oznaczanych pierwiastków w treści jaj badanych ras kur nieśnych utrzymywanych w jednakowych warunkach środowiskowych i żywieniowych, zgodnych z wymogami produkcji ekologicznej. Zmiennymi dyskryminującymi była zawartość czterech bada-

nych pierwiastków: sodu, potasu, wapnia, żelaza. Analizę wykonano metodą standardową, a jej wyniki przedstawiono za pomocą mapy konfiguracji.

T a b e l a 1

Zawartość podstawowych składników pokarmowych w mieszance paszowej.
Content of primary nutrients in feed mixtures.

Składniki / Components	Jednostka / Unit	Zawartość / Content
Energia metaboliczna / Metabolic energy	$MJ \cdot kg^{-1}$	10,20
Białko ogólne / Total protein	%	12,60
Tłuszcz surowy / Raw fat	%	2,10
Włókno surowe/ Raw fibre	%	3,20
Zw. miner. jako popiół / Minerals in the form of ash	%	1,90
Woda / Water	%	13,70
Sód / Sodium	%	0,15
Chlor / Chlorine	%	0,16
Wapń / Calcium	%	3,20
Fosfor przyswajalny / Assimilable phosphorus	%	0,31
Potas / Potassium	%	0,23
Magnez / Magnesium	%	0,03
Mangan / Manganese	mg	61,4
Cynk / Zinc	mg	52,5
Żelazo / Iron	mg	42,6
Miedź / Copper	mg	5,0
Jod / Iodine	mg	0,71
Selen / Selenium	mg	0,13

Wyniki i dyskusja

Spośród badanych ras kur nieśnych największą, statystycznie istotną ($p < 0,05$) zawartością sodu cechowała się treść jaj Żółtonóżki kuropatwianej – 1820,92 $mg \cdot kg^{-1}$ i Rhode Island Red – 1794,34 $mg \cdot kg^{-1}$, a treść jaj pozyskanych od pozostałych ras odznaczała się mniejszą ilością tego pierwiastka (tab. 2). Zawartość sodu w każdym z analizowanych przypadków była wyższa od 1410 $mg \cdot kg^{-1}$, tj. ilości standardowej, przyjętej dla treści jaj z chowu konwencjonalnego [9, 10]. Ponadto treść jaj Rhode Island Red i Zielononóżki kuropatwianej charakteryzowała się największą zawartością potasu, odpowiednio: 1377,02 i 1373,76 $mg \cdot kg^{-1}$. Uzyskane wyniki oznaczeń potasu w treści jaj analizowanych ras nie różniły się od standardowej zawartości potasu w treści jaj, która kształtuje się na poziomie 1333 $mg \cdot kg^{-1}$ [9, 10].

T a b e l a 2

Średnia zawartość pierwiastków w treści jaj od kur utrzymywanych w warunkach ekologicznych.
Mean content of elements in contents of eggs from hens bred under ecological conditions.

Zawartość pierwiastka Content of Element [mg·kg^{-1}] $\bar{x} \pm s_x$	Sussex	Rhode Island Red	Zielononóżka kuropatwiana Greenleg Partridge	Żółtonóżka kuropatwiana Yellowleg Partridge
Sód Sodium	1601,16^{c} ± 56,78	1794,34^{b} ± 56,08	1674,42^{c} ± 37,89	1820,92^{a} ± 40,32
Potas Potassium	1240,59^{b} ± 20,06	1377,02^{a} ± 21,81	1373,76^{a} ± 28,49	1139,01^{c} ± 31,15
Wapń Calcium	442,43^{c} ± 1,06	589,24^{b} ± 6,15	559,71^{b} ± 28,06	618,21^{a} ± 14,75
Magnez Magnesium	161,13^{a} ± 6,79	151,50^{b} ± 5,97	143,66^{c} ± 3,63	139,93^{c} ± 2,82
Żelazo Iron	26,60^{c} ± 1,19	47,63^{a} ± 2,05	31,60^{b} ± 2,65	23,17^{c} ± 1,69
Cynk Zinc	21,85^{a} ± 1,00	21,45^{a} ± 1,16	23,33^{a} ± 0,58	18,22^{b} ± 0,88
Miedź Copper	1,46^{a} ± 0,36	1,20^{a} ± 0,40	1,25^{a} ± 0,45	1,08^{a} ± 0,37
Mangan Manganese	0,75^{a} ± 0,13	0,80^{a} ± 0,10	0,75^{a} ± 0,06	0,68^{a} ± 0,09
Selen Selenium	0,35^{a} ± 0,03	0,22^{a} ± 0,04	0,28^{a} ± 0,08	0,26^{a} ± 0,05

Objaśnienia: / Explanatory notes:
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;
a, b, c – te same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych w obrębie analizowanego parametru ($p < 0,05$) / the same letters denote no statistically significant differences ($p < 0.05$) within the parameter analyzed.

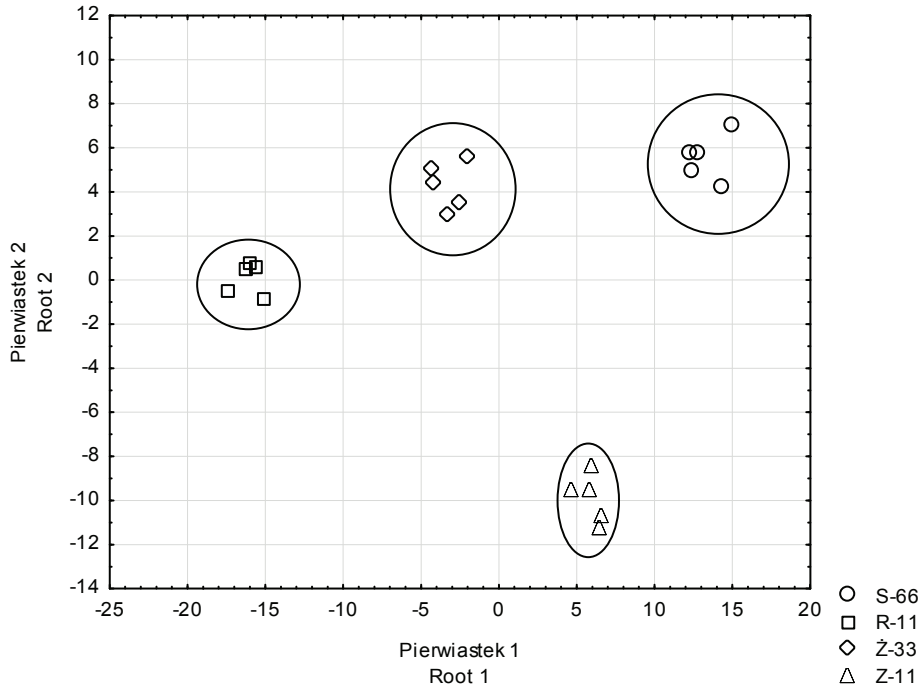
Standardowa zawartość wapnia w treści jaj uzyskanych od kur z chowu konwencjonalnego wynosi 470 mg·kg^{-1} [9, 10]. Wśród badanych ras kur najwięcej wapnia stwierdzono w treści jaj Żółtonóżki kuropatwianej – 618,21 mg·kg^{-1}, a najmniej w treści jaj kur Sussex – 442,43 mg·kg^{-1}. W przypadku magnezu proporcja ta kształtowała się odwrotnie. W treści jaj niosek Sussex magnezu było ponad 161 mg·kg^{-1}, a Żółtonóżki kuropatwianej – niespełna 140 mg·kg^{-1}. We wszystkich analizowanych przypadkach zawartość wapnia była większa od ilości tego pierwiastka przyjętego dla treści jaj standardowych z chowu konwencjonalnego (120 mg·kg^{-1}) [9, 10]. Pomimo tego, że treść jaj kur utrzymywanych w warunkach chowu ekologicznego była bogatsza

w wapń, to treść jaja jest ubogim źródłem tego pierwiastka, ponieważ dzienne zapotrzebowanie na wapń u dorosłego człowieka wynosi do 1100 mg [17].

Treść jaj kur Rhode Island Red była najbardziej zasobna w żelazo – zawierała go ponad 47 mg·kg^{-1}. Najmniejszą ilość żelaza – 23,17 mg·kg^{-1} stwierdzono w jajach Żółtonóżki kuropatwianej, podobną do standardowej ilości (22 mg·kg^{-1}) żelaza w treści jaj [9, 10]. Żelazo występuje w jaju w postaci zarówno organicznej, jak i nieorganicznej [15]. Przyjmuje się, że jedno jajo pokrywa ok. 10 % zapotrzebowania na ten pierwiastek [11], jednak w literaturze przedmiotu dyskutowana jest kwestia przyswajalności żelaza jaja kurzego. Ponad 95 % żelaza w jaju znajduje się w żółtku w postaci związanej z fosfityną, a biologiczna przyswajalność tej postaci żelaza oceniana jest na niespełna 30 % [5]. Natomiast fosfityna traktowana jest dziś jako składnik funkcjonalny jaja, ponieważ wykazano, że fosfopeptydy otrzymane z fosfityny wykazują zdolność wiązania wapnia i mogą zwiększyć jego przyswajalność w przewodzie pokarmowym człowieka [8]. Spośród badanych ras kur nieśnych największą ilością cynku charakteryzowała się treść jaj Zielononóżki kuropatwianej – 23,33 mg·kg^{-1}. Natomiast treść jaj kur Sussex i Rhode Island Red zawierała pośrednią ilość tego pierwiastka, kształtującą się na zbliżonym poziomie (odpowiednio: 21,85 i 21,45 mg·kg^{-1}). Oznaczona zawartość cynku jest większa od ilości uznawanej za standardową, tj. 17,6 mg·kg^{-1}. Podobnie, jak w przypadku żelaza, treść jaj Żółtonóżki kuropatwianej zawierała zbliżoną do standardu ilość cynku (18,22 mg·kg^{-1}) [9, 10]. W przypadku oznaczeń ilości miedzi w treści jaj kur z chowu ekologicznego w każdym z analizowanych przypadków stwierdzono większą zawartość tego pierwiastka wobec standardowej ilości: 0,6 mg·kg^{-1} [9, 10]. Największą zawartością miedzi cechowała się treść jaj niosek rasy Sussex – 1,46 mg·kg^{-1}, następnie Rhode Island Red i Żółtonóżki kuropatwianej – 12,5 i 12 mg·kg^{-1}, a najmniejszą – 10,8 mg·kg^{-1} Żółtonóżki kuropatwianej. Pod względem ilości manganu w treści jaj badanych ras stwierdzono śladowe ilości tego pierwiastka. Jaja od niosek Rhode Island Red cechowały się największą ilością tego pierwiastka (0,80 mg·kg^{-1}), a jaja Żółtonóżki kuropatwianej – najmniejszą, niespełna 0,68 mg·kg^{-1}. Pomimo tego, są to ilości wyższe od 0,3 mg·kg^{-1} manganu uznawanego za standardową jego zawartość w treści jaj [9, 10]. Ostatnim analizowanym składnikiem treści jaj był selen. W treści jaj niosek kur utrzymywanych w warunkach konwencjonalnych stwierdza się średnio 0,3 mg·kg^{-1} [9, 10]. Uzyskane ilości selenu analizowanych treści jaj kur z chowu ekologicznego były zbliżone do standardowej zawartości. Największą ilość tego pierwiastka oznaczono w jajach od kur rasy Sussex – 0,35 mg·kg^{-1}, a najmniejszą w grupie Rhode Island Red – 0,22 mg·kg^{-1}.

Skład chemiczny i wartość odżywcza jaj kurzych uwarunkowane są generalnie czynnikami genetycznymi. Czynniki środowiskowe, w tym żywienie niosek, jest jednym ze sposobów mogących w pewnym zakresie modyfikować skład jaja. Zmieniając skład paszy można otrzymywać jaja wzbogacane w niektóre składniki pokarmowe.

Korzystne wyniki uzyskano przy stosowaniu dużych ilości jodu i selenu w mieszankach. Są one odkładane w tkankach i w treści jaj [2, 3, 7]. Do modyfikacji zawartości selenu w jajach stosuje się selen w postaci związków nieorganicznych i organicznych [19]. Spośród tych pierwszych selenin sodowy jest potencjalnie toksyczny i wykazuje właściwości prooksydacyjne. Związek organiczny selenu – selenometionina może oddziaływać przeciwutleniająco. Generalnie, żółtko wykazuje większą zdolność kumulacji selenu aniżeli białko. Stwierdzono również, że wraz ze wzrostem zawartości selenu w paszy niosek wzrasta stężenie antyoksydacyjnej witaminy E w żółtku jaja. Dodatkowym efektem przeciwutleniającym selenu podawanego nioskom jest wzrost aktywności selenoenzymu, tj. peroksydazy glutationowej w żółtkach jaj. Jest to równoznaczne z poprawą ich stabilności oksydatywnej podczas przechowywania [6, 7].



S-66 ród/rasa Sussex / Sussex line/breed; R-11 ród/rasa Rhode Island Red / Rhode Island Red line/breed; Ż-33 ród/rasa Żółtonóżka kuropatwiana / Yellowleg Partridge line/breed; Z-11 ród / rasa Zielononóżka kuropatwiana / Greenleg Partridge line / breed.

Rys. 1. Mapa konfiguracji wyznaczona metodą analizy dyskryminacyjnej na podstawie zawartości składników mineralnych w treści jaj.

Fig. 1. Configuration map developed using discriminant analysis based on content of mineral elements in egg contents.

Na podstawie przeprowadzonej analizy dyskryminacyjnej zaobserwowano, że badane zmienne utworzyły grupy odpowiadające poszczególnym rodom/rasom niosek (rys. 1). Potwierdza to genotypową zależność zawartości badanych pierwiastków w treści jaj kur nieśnych ocenianych ras. Największą siłę dyskryminacyjną wykazano w przypadku żelaza oznaczonego w treści jaj (lambda Wilksa 0,000182). W odniesieniu do pozostałych analizowanych pierwiastków wartości lambda Wilksa wynosiły: wapń – 0,000146, potas – 0,000047 i sód – 0,000039.

Oczekiwania humanitarnego chowu kur, promowanie ekologicznego sposobu ich utrzymania oraz wymagania odnośnie do wartości odżywczej jaj skłaniają do wniosku, że niezbędny jest odpowiedni dobór genetyczny rodów/ras niosek do takiej produkcji. W badaniach [1, 6, 7, 18] wykazano, że przydatność stosowanych metod wzbogacania treści jaj w składniki mineralne sposobem żywieniowym może być kontrowersyjna. Wydaje się, że zwiększona podaż określonego składnika w mieszance paszowej spowoduje poprawę zawartości tego składnika w treści jaja. Jednak skład mineralny jaja, jako komórki rozrodczej, nie podlega dużej zmienności, natomiast możliwość wykorzystania pierwiastków, zwłaszcza mikroelementów z paszy jest ograniczona, a ich nadmiar wydalany jest do środowiska.

Wnioski

1. Stwierdzono zróżnicowanie zawartości pierwiastków w treści badanych jaj. Spośród badanych ras treść jaj kur Sussex jest najbogatsza w magnez, miedź i selen. W treści jaj Rhode Island Red jest najwięcej potasu, żelaza i manganu. Zielononóżka kuropatwiana znosi jaja, w treści których wykazano największą zawartość cynku, a w przypadku Żółtonóżki kuropatwianej – sodu i wapnia.
2. Jaja kur rasy Zielononóżka kuropatwiana, Żółtonóżka kuropatwiana, Rhode Island Red oraz Sussex, utrzymywanych zgodnie z wymogami rolnictwa ekologicznego, ze względu na bogaty skład mineralny mogą być uznawane za żywność funkcjonalną.

Literatura

[1] Bourre J.M., Galea F.: An important source of omega-3 fatty acids, vitamins D and E, carotenoids, iodine and selenium: a new natural multi-enriched egg. J. Nutr. Health. Aging, 2006, **10 (5)**, 371-376.

[2] Cerovská J., Bílek R., Zamrazilová H., Hoskovcová P., Vosátková M.: Changes in iodine supply in adult Czech population after iodine deficit eradication and causes. Random study of adults in two regions in the Czech republic with in between period of 5 years. Vnitr. Lek., 2006, **52 (10)**, 858-863.

[3] Franke K., Schöne F., Berk A., Leiterer M., Flachowsky G.: Influence of dietary iodine on the iodine content of pork and the distribution of the trace element in the body. Eur. J. Nutr., 2008, **47 (1)**, 40-46.

[4] Gornowicz E., Węglarzy K., Bereza M.: Ocena jakości jaj oraz analiza efektywności ekonomicznej ich pozyskiwania w aspekcie rolnictwa ekologicznego. W: Wyniki badań z zakresu rolnictwa ekologicznego w 2010 roku. Wyd. MRiRW, Warszawa 2011, ss. 275-284.
[5] Greengard O., Sentenac A., Mendelsohn N.: Phosvitin, the iron carrier of egg yolk. Biochem. Biophys. Acta., 1964, **19 (90)**, 406-407.
[6] Gutierrez M.A., Takahashi H., Juneja L.R.: Nutritive evaluation of hen eggs. In: Hen Eggs, Their Basic and Applied Science. Ed. T. Yamamoto, L.R. Juneja, H. Hatta, M. Kim. CRC Press. New York 1997, pp. 25-35.
[7] Jamroz D.: Możliwość sterowania jakością produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego poprzez żywienie zwierząt. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Zootechnika, 2004, **42 (505)**, 99-105.
[8] Jiang B. Mine Y.: Preparation of novel functional oligophosphopeptides from hen egg yolk phosvitin. J. Agric. Food Chem., 2000, **48**, 990-994.
[9] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych. IŻŻ, Warszawa 1998.
[10] Marzec Z., Kunachowicz H., Iwanow K., Rutkowska U.: Tabele zawartości pierwiastków śladowych w produktach spożywczych. IŻŻ, Warszawa 1992.
[11] Michaud L, Guimber D., Mention K., Neuville S., Froger H., Gottrand F., Turck D.: Tolerance and efficacy of intravenous iron saccharate for iron deficiency anemia in children and adolescents receiving long-term parenteral nutrition. Clin. Nutr., 2002, **21 (5)**, 403-407.
[12] Pingel H., Jeroch H.: Egg quality as influenced by genetic, management and nutrional factor. Proceedings of the VII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Poznan, Poland, 1997, pp. 13-27.
[13] Pisulewski P.: Wartość odżywcza jaj kurzych oraz współczesne metody jej kształtowania. W: Jajczarstwo – nauka, technologia, praktyka. Red. T. Trziszka. Wyd. AR Wrocław 2000, ss. 189-217.
[14] Seuss-Baum I.: Nutritional evaluation of egg compounds. In: Bioactive egg compounds. Ed. R. Huopalathi, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade. Springer, Berlin 2007, pp. 117-144.
[15] Skrivan M.V., Skrivanova M., Marounek M.: Effects of dietary zinc, iron and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil and herbage. Poult. Sci., 2005, **84**, 1570-1575.
[16] Smulikowska S., Rutkowski A.: Normy żywienia drobiu. Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. Red. S. Smulikowska, A. Rutkowski. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna 2005.
[17] Titchenal C.A., Dobbs J.: A system to assess the quality of food sources of calcium. J. Food Compos. Anal., 2007, **20 (8)**, 717-724.
[18] Trziszka T.: Budowa i skład chemiczny jaja. W: Jajczarstwo – nauka, technologia, praktyka. Red. T. Trziszka. Wyd. AR Wrocław 2000, s.147.
[19] Wira T., Górecki H., Dobrzański Z.: Investigations on selenium additives obtained as feed microelements. Prace Naukowe Inst. Technol. Nieorg. i Nawozów Miner. Politechniki Wrocławskiej, 1996, **45,** 223-230.

MINERAL COMPOSITION OF CONTENTS IN TABLE EGGS FROM AUTOCHTHONOUS HEN BREEDS BRED UNDER ECOLOGICAL CONDITIONS

S u m m a r y

Eggs stand out because of their considerable nutritional value; they constitute a component of many food products. This is for the reason that they contain many necessary ingredients for life including miner-

als. The mineral composition of table eggs changes and depends, to a large extent, from nutritional and genetic factors. The objective of the research study was to compare the content of nine macro- and micro-elements in the contents of eggs from the selected autochthonous hen breeds: Greenleg Partridge, Yellow-leg Partridge, Rhode Island Red, and Sussex, which were kept under ecological conditions and fed in a uniform way. The selected elements were determined using an AAS method. As regards the content of elements, a significant differentiation of eggs was found depending on the hen breed. The highest amounts of the following elements were found in the contents of Sussex eggs: magnesium (161.13 mg·kg^{-1}), copper (1.46 mg·kg^{-1}), and selenium (0.35 mg·kg^{-1}). The eggs pf the Rhode Island Red hens had the highest content of potassium (1377.02 mg·kg^{-1}), iron (47.63 mg·kg^{-1}), and manganese (151.50 mg·kg^{-1}). The Greenleg Partridge hen laid eggs the contents of which had the highest level of zinc (23.33 mg·kg^{-1}) and the Yellow-leg Partridge hen laid eggs with the contents containing the highest amounts of sodium (1820.92 mg·kg^{-1}) and calcium (618.21 mg·kg^{-1}).

Key words: hens, breed, eggs, minerals, ecology

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 52 – 63

TOMASZ DASZKIEWICZ, MILENA WIĘCKOWSKA, DOROTA KUBIAK, NATALIA HNATYK, MILENA KOBA-KOWALCZYK

CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCI MIĘSA Z RÓŻNYCH ELEMENTÓW TUSZY KOZŁÓW SARNY EUROPEJSKIEJ (*CAPREOLUS CAPREOLUS* L.) ODSTRZELONYCH W PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ I POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ POLSCE

S t r e s z c z e n i e

Celem przeprowadzonych badań było porównanie jakości mięsa pochodzącego z różnych elementów tuszy kozłów sarny europejskiej (*Capreolus capreolus* L.) pozyskanych przez myśliwych w lasach północno-wschodniej (10 szt.) i południowo-wschodniej (10 szt.) Polski. Badaniami objęto cztery podstawowe elementy tuszy kozłów, tj. karkówkę, łopatkę, comber i udziec. Mięso uzyskane z każdego z elementów krojono na drobne kawałki, z których po wymieszaniu pobierano próbkę średnią dla danego elementu (ok. 300 g). W mięsie oznaczono podstawowy skład chemiczny oraz właściwości fizykochemiczne.

Stwierdzono, że mięso kozłów z Polski płn.-wsch. charakteryzowało się większą ($p \leq 0,01$) zawartością suchej masy, białka i składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu oraz wyższą ($p \leq 0,05$) średnią wartością pH. Ponadto ich mięso było jaśniejsze (L*) ($p \leq 0,01$) oraz charakteryzowało się większym ($p \leq 0,01$) udziałem barwy żółtej (b*) i mniejszym ($p \leq 0,01$) barwy czerwonej (a*).

Mięso z łopatki zawierało najmniej ($p \leq 0,01$) suchej masy. Największą zawartością białka charakteryzowało się mięso z combra, a najmniejszą – mięso z łopatki (różnice między średnimi grup doświadczalnych potwierdzono statystycznie). Mięso z karkówki odznaczało się największą zawartością tłuszczu oraz najmniejszą składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu, a także najwyższą wartością pH (różnice między średnimi grup doświadczalnych potwierdzono statystycznie). Barwa mięsa z karkówki była jaśniejsza (L*) ($p \leq 0,01$) w porównaniu z barwą mięsa z combra i udźca oraz charakteryzowała się największym ($p \leq 0,01$) udziałem barwy czerwonej (a*), a także większym ($p \leq 0,05$) udziałem barwy żółtej (b*) w porównaniu z mięsem z udźca. Mięso z udźca i combra odznaczało się mniejszym udziałem barwy czerwonej w porównaniu z mięsem z łopatki ($p \leq 0,01$). Ponadto stwierdzono mniejszy ($p \leq 0,05$) udział barwy żółtej (b*) w mięsie z udźca niż w mięsie z łopatki.

Słowa kluczowe: dziczyzna, sarna europejska, elementy tuszy, jakość mięsa

Dr hab. T. Daszkiewicz, inż. M. Więckowska, dr inż. D. Kubiak, mgr inż. N. Hnatyk, mgr inż. M. Koba-Kowalczyk, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, Wydz. Bioinżynierii Zwierząt, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn

Wprowadzenie

Dziczyzna, ze względu na małą zawartość tłuszczu i cholesterolu oraz dużą zawartość białka, witamin, składników mineralnych, niezbędnych aminokwasów a także korzystny stosunek kwasów tłuszczowych wielonienasyconych do nasyconych i obniżony stosunek kwasów tłuszczowych n-6/n-3 [3, 4, 10, 18], może stanowić wartościowy komponent zrównoważonej diety współczesnego konsumenta [17]. Warunkiem jest jednak zaakceptowanie przez niego specyficznych właściwości sensorycznych (zapachu i smaku) tego mięsa [16]. Dla konsumenta i podmiotów zajmujących się przetwórstwem dziczyzny istotna jest również informacja, że surowiec uzyskiwany z tusz zwierząt dziko żyjących może wykazywać nierzadko duże zróżnicowanie jakości [5]. Jest ono spowodowane wpływem wielu czynników związanych zarówno z trybem życia samych zwierząt, jak i warunkami pozyskiwania oraz obrotu tuszami zwierzyny.

Celem przeprowadzonych badań było porównanie jakości mięsa pochodzącego z różnych elementów tuszy kozłów sarny europejskiej (*Capreolus capreolus* L.) odstrzelonych przez myśliwych w lasach północno-wschodniej i południowo-wschodniej Polski.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły tusze kozłów sarny europejskiej (*Capreolus capreolus* L.) dostarczone do zakładu przetwórstwa mięsnego. Tusze do badań wybierano losowo, uwzględniając dwie grupy zwierzyny: kozły (10 szt.) odstrzelone przez myśliwych w lasach północno-wschodniej Polski (Nizina Sępopolska, woj. warmińsko-mazurskie) oraz kozły (10 szt.) odstrzelone przez myśliwych w lasach południowo-wschodniej Polski (Wyżyna Lubelska, woj. lubelskie). Badaniami objęto tusze zwierząt w wieku 3 - 4 lat, odstrzelonych w grudniu 2009 r. Wiek zwierząt określano na podstawie oceny pokroju tuszy i wywiadu z myśliwymi, którzy dokonali odstrzału.

Tusze kozłów z Polski płn.-wsch. poddawano rozbiorowi nie później niż 48 - 54 h od momentu odstrzału zwierzęcia w łowisku. Tusze kozłów pochodzących z Polski płd.-wsch. poddawano rozbiorowi po 24 h od ich dostarczenia do zakładu przetwórczego (48 - 54 h od momentu odstrzału zwierzęcia w łowisku). Czas odstrzału zwierzęcia w łowisku ustalano na podstawie protokołu przyjęcia tuszy od myśliwego.

Po oskórowaniu tuszy oceniano jej jakość. W trakcie tej oceny eliminowano: tusze z uszkodzeniami karkówki (przodka), combra, łopatek i udźców powstałymi w wyniku postrzału; tusze zanieczyszczone treścią przewodu pokarmowego w wyniku uszkodzenia przewodu pokarmowego przez kulę lub w następstwie nieprawidłowo przeprowadzonego patroszenia; tusze nieprawidłowo wychłodzone (temperatura wyższa niż 7 °C w centrum geometrycznym najgrubszego elementu, tj. udźca); tusze, których mięśnie najdłuższe grzbietu (*m. longissimus dorsi*) charakteryzowały się warto-

ścią pH powyżej 5,8 (pomiar za ostatnim żebrem), w celu wyeliminowania mięsa DFD.

W trakcie rozbioru tusz w zakładzie przetwórstwa mięsnego, pobierano cztery jej zasadnicze elementy, tj. comber, karkówkę, łopatkę i udziec. Mięso z każdego z elementów krojono na drobne kawałki, z których po wymieszaniu pobierano próbkę średnią dla danego elementu (ok. 300 g). Próbki pakowano próżniowo i przewożono w izotermicznych pojemnikach do laboratorium Katedry Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych UWM, gdzie zamrożono je w temp. -26 °C i przechowywano w tej temp. do momentu wykonania analiz laboratoryjnych.

Przed przystąpieniem do analizy próbki mięsa rozmrażano w temp. 2 °C do momentu osiągnięcia w ich wnętrzu temp. -1 °C. Następnie próbki rozdrabniano trzykrotnie w wilku z użyciem siatki o średnicy oczek 3 mm. Zmieloną masę mieszano i pobierano z niej próbki do analiz. Badania laboratoryjne obejmowały analizę podstawowego składu chemicznego mięsa oraz ocenę właściwości fizykochemicznych mięsa. Oznaczano: suchą masę, białko ogólne – metodą Kjeldahla, tłuszcz – metodą Soxhleta (eter dietylowy jako rozpuszczalnik) oraz składniki mineralne w postaci popiołu [1].

Pomiarów pH dokonywano w homogenacie wodnym z mięsa (stosunek m/v mięsa do wody redestylowanej 1 : 1) 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 [2]. Parametry L*, a* i b* określano metodą odbiciową za pomocą aparatu MiniScan XE Plus firmy HunterLab przez bezpośredni trzykrotny pomiar powierzchni zmielonego mięsa w różnych miejscach. Pomiary przeprowadzano po półgodzinnym przetrzymaniu próbek w temp. 4 ºC, przykrytych folią przepuszczalną dla O_2 i nieprzepuszczalną dla H_2O.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w programie komputerowym Statistica, wersja 9.0 [12]. Zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (układ ortogonalny). Statystyczną istotność różnic między średnimi grup szacowano za pomocą testu Duncana na poziomie istotności $p \leq 0,05$ oraz $p \leq 0,01$.

Wyniki i dyskusja

Wpływ pochodzenia kozłów sarny na jakość mięsa

Stwierdzono istotne ($p \leq 0,01$) różnice między średnią zawartością suchej masy, białka i składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu w mięsie kozłów z Polski płn.-wch. i płd.-wsch. (tab. 1). Większą zawartością wymienionych składników charakteryzowało się mięso kozłów z Polski płd.-wsch. W przypadku zawartości suchej masy różnica między średnimi grup wynosiła 1,56 %, białka – 0,91 %, tłuszczu – 1,12 % i popiołu – 0,11 %.

T a b e l a 1

Wyniki oceny jakości mięsa.
Results of meat quality evaluation.

Cecha Trait	Miara Stat. Stat. meas.	Kozły sarny europejskiej Roe deer bucks		Element tuszy Carcass cuts				Interakcja Interaction
		z Polski płn.-wsch. From north-east Poland n=10	z Polski płd.-wsch. From south-east Poland n=10	comber fillet n = 20	karkówka neck n = 20	łopatka shoulder n = 20	udziec leg n = 20	*
Sucha masa [%] Dry matter	$\bar{x}$ s / SD	$23,07^{A}$ 0,84	$24,63^{B}$ 0,76	$24,46^{X}$ 0,85	$23,76^{Yx}$ 0,98	$23,01^{Z}$ 1,25	$24,16^{XYy}$ 0,86	*
Tłuszcz [%] Fat	$\bar{x}$ s / SD	$0,23^{A}$ 0,18	$1,35^{B}$ 0,68	$0,76^{X}$ 0,72	$1,23^{Y}$ 0,97	$0,52^{X}$ 0,44	$0,65^{X}$ 0,61	**
Białko ogólne [%] Total protein	$\bar{x}$ s / SD	$21,44^{A}$ 0,83	$22,35^{B}$ 0,50	$22,43^{Xv}$ 0,45	$21,74^{YZvxz}$ 0,57	$21,40^{Zvyz}$ 1,13	$22,02^{Xyz}$ 0,61	**
Popiół [%] Ash	$\bar{x}$ s / SD	$0,93^{A}$ 0,16	$1,04^{B}$ 0,08	$1,01^{X}$ 0,06	$0,90^{Y}$ 0,17	$1,01^{X}$ 0,11	$1,01^{X}$ 0,14	*
Stosunek woda/białko Water/protein ratio	$\bar{x}$ s / SD	$3,60^{A}$ 0,18	$3,37^{B}$ 0,10	$3,37^{Xx}$ 0,10	$3,51^{Y}$ 0,13	$3,61^{Z}$ 0,25	$3,45^{XYy}$ 0,13	**
pH_u	$\bar{x}$ s / SD	$5,89^{a}$ 0,14	$5,84^{b}$ 0,15	$5,83^{XZ}$ 0,11	$5,97^{Yx}$ 0,10	$5,89^{XYy}$ 0,12	$5,77^{Z}$ 0,18	NS
L*	$\bar{x}$ s / SD	$35,61^{A}$ 1,94	$33,40^{B}$ 2,27	$33,89^{X}$ 2,33	$35,65^{Y}$ 1,48	34,74 2,67	$33,75^{X}$ 2,50	**
a*	$\bar{x}$ s / SD	$14,62^{A}$ 1,31	$15,57^{B}$ 1,03	$14,23^{X}$ 1,44	$16,16^{Y}$ 0,86	$15,47^{Z}$ 0,97	$14,52^{X}$ 0,65	**
b*	$\bar{x}$ s / SD	$15,02^{A}$ 0,95	$13,51^{B}$ 1,21	14,27 1,50	$14,68^{x}$ 0,82	$14,43^{X}$ 1,36	$13,69^{Yy}$ 1,40	**
C*	$\bar{x}$ s / SD	21,00 0,94	20,63 1,41	$20,23^{X}$ 0,92	$21,85^{Yx}$ 0,86	$21,19^{Yy}$ 1,04	$19,99^{X}$ 0,99	**

Objaśnienia: / Explanatory notes:
$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation;
wartości oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie, A B, X Y Z – $p \leq 0,01$; a b, x y z – $p \leq 0,05$ / values in lines and denoted by different letters differ statistically significantly, A B, X Y Z – $p \leq 0.01$; a b, x y z – $p \leq 0.05$.
** – $p \leq 0,01$; * – $p \leq 0,05$; NS – $p > 0,05$.

Niezależnie od pochodzenia kozłów sarny mięso odznaczało się dużą zawartością białka, przy małym udziale tłuszczu. Wskazana zależność jest typowa dla mięsa zwierząt łownych [19, 20]. Można ją tłumaczyć specyfiką trybu życia i sposobu odżywiania

się zwierząt dziko żyjących. W porównaniu ze zwierzętami gospodarskimi, zwierzęta dziko żyjące prowadzą zdecydowanie aktywniejszy tryb życia, a ich żywienie jest mniej intensywne, co sprzyja odkładaniu mniejszej ilości tkanki tłuszczowej. Skład chemiczny mięsa zwierząt łownych zależy również od miejsca i pory roku ich pozyskania [20, 21], ponieważ te czynniki wpływają na zróżnicowanie w zakresie dostępności pożywienia (jego ilości i jakości). Sezonowe zmiany jakości mięsa (w tym składu chemicznego) są też obserwowane w surowcu pozyskiwanym z tusz samców zwierząt łownych, w związku z cyklem rozrodczym [13], w czasie którego ma miejsce zwiększona aktywność fizyczna zwierząt, ograniczenie pobierania pożywienia oraz zmieniona gospodarka hormonalna.

Mięso kozłów z Polski płn.-wsch. charakteryzowało się wyższą ($p \leq 0,05$) średnią wartością pH w porównaniu z mięsem zwierząt z Polski płd.-wsch. (tab. 1). Różnica między średnimi była jednak bardzo mała i wynosiła tylko 0,05 jednostki.

Wykazano zróżnicowanie barwy mięsa kozłów z objętych badaniami regionów Polski (tab. 1). Mięso kozłów z Polski płn.-wsch. było jaśniejsze (L*) oraz charakteryzowało się większym udziałem barwy żółtej (b*), a różnice między średnimi były statystycznie istotne ($p \leq 0,01$). Z kolei mięso kozłów z Polski płd.-wsch. odznaczało się większym ($p \leq 0,01$) udziałem barwy czerwonej (a*). Nie stwierdzono istotnych ($p > 0,05$) różnic w nasyceniu barwy (C*) badanego mięsa kozłów z płn.-wsch. i płd.-wsch. Polski.

Przyczynami odnotowanego zróżnicowania wartości wskaźników charakteryzujących barwę mięsa kozłów z objętych badaniami regionów Polski, mogły być różnice pod względem zawartości barwników hemowych (mioglobiny i hemoglobiny) w ich mięsie. Udział mioglobiny w mięśniach pozostaje w zależności z przyżyciową aktywnością ruchową zwierząt [6], natomiast na zawartość hemoglobiny w mięsie wpływa stopień wykrwawienia tusz odstrzelonej zwierzyny [14].

Jakość mięsa kozłów sarny w zależności od elementu tuszy

Mięso z combra, udźca i karkówki charakteryzowało się istotnie większą ($p \leq 0,01$) zawartością suchej masy w porównaniu z mięsem z łopatki (tab. 1). Ponadto stwierdzono, że mięso z karkówki miało istotnie mniejszą zawartość suchej masy niż mięso z combra ($p \leq 0,01$) i udźca ($p \leq 0,05$).

Największą zawartością tłuszczu odznaczało się mięso z karkówki i była ona istotnie większa od stwierdzonej w mięsie z combra, udźca i łopatki (tab. 1). Jednocześnie mięso z karkówki zawierało najmniej ($p \leq 0,01$), spośród analizowanych elementów, składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu (tab. 1).

Badane elementy wykazywały zróżnicowaną zawartość białka ogólnego (tab. 1). Największą zawartością tego składnika charakteryzowało się mięso z combra. Udział białka w mięsie z tego elementu różnił się istotnie ($p \leq 0,01$) od jego zawartości

w mięsie z karkówki i łopatki oraz w mniejszym ($p \leq 0,05$) stopniu od zawartości w udźcu. Najmniejszą zawartością białka odznaczało się mięso z łopatki. Była ona istotnie mniejsza nie tylko od stwierdzonej w mięsie z combra, ale także w mięsie z udźca ($p \leq 0,01$) i w mięsie z karkówki ($p \leq 0,05$).

Wyniki badań potwierdziły występowanie ogólnie znanych zależności między zawartością podstawowych składników chemicznych w mięsie. Mięso z elementów tuszy kozłów sarny, zawierające dużo białka (comber, udziec), równocześnie zawierało mało tłuszczu. Z kolei mięso z karkówki, które odznaczało się największym udziałem tłuszczu, zawierało najmniej białka i składników mineralnych, które tworzą z nim związki kompleksowe.

Porównanie uzyskanych wyników oceny podstawowego składu chemicznego mięsa z różnych elementów tuszy kozłów sarny z danymi literaturowymi wykazało, że są one zgodne z wynikami badań Paulsena i wsp. [7]. Cytowani autorzy stwierdzili również, że mięso z polędwicy i udźca sarny, w porównaniu z mięsem z łopatki oraz mięsem gulaszowym (mięśnie szyi, przedramienia, podudzia, brzucha, międzyżebrowe), charakteryzowało się większą zawartością suchej masy i białka ogólnego, a ponadto większym udziałem popiołu oraz mniejszym – tłuszczu. Z kolei Zomborszky i wsp. [19] nie stwierdzili istotnych różnic pod względem zawartości białka i tłuszczu w mięsie z combra (*m. longissimus dorsi*) i udźca (*m. semimembranosus*) sarny.

Średnie wartości pH mięsa były zróżnicowane w zależności od elementu tuszy (tab. 1). Najwyższą wartością pH (5,97) charakteryzowało się mięso z karkówki, a najniższą – mięso z udźca (5,77). Wartość pH mięsa z karkówki była istotnie wyższa od stwierdzonej w combrze ($p \leq 0,01$), udźcu ($p \leq 0,01$) i łopatce ($p \leq 0,05$). Dla porównania, średnia wartość pH *m. longissimus dorsi* sarny w badaniach Trziszki [15] wynosiła 5,50, natomiast wartości pH *m. semimembranosus* sarny w badaniach Smolińskiej i Klonowskiego [11] oraz Paulusena i Winkelmayera [9], odpowiednio: 5,8 i 5,4 - 5,6.

Odnotowane w badaniach własnych różnice w poziomie zakwaszenia mięsa z czterech elementów tuszy kozłów sarny wynikały prawdopodobnie ze zróżnicowanej przyżyciowej zawartości glikogenu w mięśniach, z którego w procesie poubojowej glikolizy powstaje kwas mlekowy [8]. Zróżnicowanie wartości pH badanego mięsa mogło być również spowodowane różną zawartością krwi resztkowej, która pozostała w tkankach po wykrwawieniu zwierząt i działała buforująco [14].

Na podstawie analizy barwy mięsa wykazano, że mięso z karkówki było jaśniejsze (L*) ($p \leq 0,01$) w porównaniu z mięsem z combra i udźca oraz charakteryzowało się większym ($p \leq 0,01$) udziałem barwy czerwonej (a*) w porównaniu z mięsem z łopatki, udźca i combra ($p \leq 0,01$), a także większym ($p \leq 0,05$) udziałem barwy żółtej (b*) w porównaniu z mięsem z udźca. Mięso z udźca i combra charakteryzowało się również mniejszym udziałem barwy czerwonej w porównaniu z mięsem z łopatki

($p \leq 0,01$). Ponadto stwierdzono mniejszy ($p \leq 0,05$) udział barwy żółtej (b*) w mięsie z udźca niż w mięsie z łopatki. Konsekwencją zróżnicowania barwy mięsa pod względem udziału barwy czerwonej i żółtej były różnice w nasyceniu barwy (C*). Statystyczne istotności różnic między średnimi wartościami nasycenia barwy mięsa, z objętych badaniami elementów tuszy, były podobne, jak w przypadku udziału barwy czerwonej (a*).

Stwierdzone zróżnicowanie barwy mięsa kozłów sarny, pochodzącego z różnych elementów tuszy, można tłumaczyć m.in. różną aktywnością przyżyciową mięśni, które wchodzą w skład elementu po uboju zwierzęcia. Jak podaje Lawrie [6], mięśnie systematycznie i ciężej pracujące przyżyciowo, zawierają więcej mioglobiny, co w konsekwencji decyduje o wskaźnikach chromatycznych barwy, które są określane poubojowo w mięsie. W przeprowadzonych badaniach potwierdzeniem tej zależności były wyższe wartości parametrów a* i b oraz C* mięsa z karkówki i łopatki, w porównaniu z mięsem z combra i udźca.

Analiza interakcji między badanymi czynnikami doświadczalnymi (pochodzenie kozłów sarny x element tuszy)

Po przeprowadzeniu analizy wariancji stwierdzono statystyczną istotność interakcji między badanymi czynnikami doświadczalnymi dla wszystkich (z wyjątkiem wartości pH) analizowanych w pracy cech. W związku z tym wartości tych cech zostały przeanalizowane w podgrupach doświadczalnych (tab. 2).

Zawartość suchej masy w karkówce i łopatce kozłów z Polski płn.-wsch. była mniejsza ($p \leq 0,01$) od zawartości tego składnika w mięsie z combra i udźca zwierząt z tego regionu oraz zawartości stwierdzonej w combrze, karkówce, łopatce i udźcu pochodzących z tusz kozłów z Polski płd.-wsch. ($p \leq 0,01$). Ponadto stwierdzono istotnie mniejszą ($p \leq 0,01$) zawartość suchej masy w mięsie z combra i udźca kozłów z Polski płn.-wsch. oraz w mięsie z łopatki kozłów z Polski płd.-wsch. w porównaniu z mięsem z combra, karkówki i udźca kozłów z Polski płd.-wsch.

Mięso pochodzące z elementów tusz kozłów z Polski płn.-wsch. odznaczało się mniejszą ($p \leq 0,01$) zawartością tłuszczu w porównaniu z mięsem uzyskanym z elementów kozłów z Polski płd.-wsch. Stwierdzono również, że mięso z karkówki kozłów z Polski płd.-wsch. zawierało więcej ($p \leq 0,01$) tłuszczu w porównaniu z mięsem z pozostałych elementów tuszy zwierząt z tego regionu. Ponadto stwierdzono, że mięso z combra kozłów z Polski płd.-wsch. zawierało więcej ($p \leq 0,01$) tłuszczu niż mięso z łopatki kozłów z tego samego regionu.

T a b e l a 2

Wyniki analizy interakcji między czynnikami doświadczalnymi.
Analysis results of interactions among experimental factors.

Cecha Trait	Miara stat. Stat. meas.	Kozły sarny europejskiej z Polski płn.-wsch. Roe deer bucks from north-east Poland				Kozły sarny europejskiej z Polski płd.-wsch. Roe deer bucks from south-east Poland				Statystyczna istotność różnic między średnimi grup Statistical significance of differences among means for groups
		comber fillet (1) n=10	karkówka neck (2) n=10	łopatka shoulder (3) n=10	udziec leg (4) n=10	comber fillet (5) n=10	karkówka neck (6) n=10	łopatka shoulder (7) n=10	udziec leg (8) n=10	
Sucha masa [%] Dry matter	$\bar{x}$ s / SD	23,75 0,28	22,89 0,25	21,97 0,72	23,65 0,37	25,17 0,58	24,64 0,51	24,05 0,61	24,66 0,93	2,3<1,4,5,6,7,8**; 3<2**; 1,4,<5,6,8**; 7<5**,6,8*
Tłuszcz [%] Fat	$\bar{x}$ s / SD	0,17 0,09	0,38 0,30	0,19 0,09	0,20 0,10	1,36 0,54	2,08 0,54	0,86 0,40	1,10 0,57	1,2,3,4<5,6,7,8**; 5,7,8<6**; 7<5**
Białko ogólne [%] Total protein	$\bar{x}$ s / SD	22,20 0,24	21,39 0,59	20,45 0,67	21,72 0,53	22,65 0,50	22,08 0,25	22,34 0,52	22,31 0,55	2,3<1,5,6,7,8**; 3<2,4**; 4<1,7,8*,5**; 6<5*
Popiół [%] Ash	$\bar{x}$ s / SD	1,02 0,08	0,81 0,19	0,94 0,10	0,94 0,16	1,00 0,04	0,99 0,08	1,09 0,07	1,07 0,08	2<1,3,4,5,6,7,8**, 4*; 3,4<7,8*
L*	$\bar{x}$ s / SD	35,21 2,62	35,38 1,61	36,99 1,59	34,87 1,16	32,58 0,88	35,93 1,36	32,49 1,10	32,63 3,00	1,4<3*; 5,7,8<1,2,3,4,6**
a*	$\bar{x}$ s / SD	13,10 0,84	15,72 0,86	15,27 1,18	14,39 0,46	15,35 0,91	16,61 0,62	15,67 0,71	14,65 0,80	1<2,3,4,5,6,7,8**; 3,4,8<2**; 2*,3,5,7,8**<6; 4<3,5*,6,7**; 8<7*
b*	$\bar{x}$ s / SD	15,46 0,93	14,66 0,94	15,57 0,67	14,41 0,80	13,09 0,86	14,71 0,72	13,29 0,76	12,97 1,53	5,7,8<1,2,3,4,6**; 4<2,3*
C*	$\bar{x}$ s / SD	20,29 0,59	21,52 0,71	21,84 0,64	20,37 0,70	20,18 1,20	22,19 0,90	20,55 0,99	19,60 1,12	1,4,5,7,8<2,3,6**; 8<7*

** - $p \leq 0,01$; * - $p \leq 0,05$

Mięso z łopatki kozłów z Polski płn.-wsch. zawierało mniej ($p \leq 0,01$) białka ogólnego w porównaniu z mięsem z pozostałych elementów tuszy zwierząt z objętych badaniami regionów Polski. Na niższym ($p \leq 0,01$) poziomie kształtowała się także zawartość białka w mięsie z karkówki kozłów z Polski płn.-wsch. w porównaniu z mięsem z combra kozłów z tego regionu oraz mięsem uzyskanym z elementów tuszy kozłów z Polski płd.-wsch. Również udziec kozłów z Polski płn.-wsch. odznaczał się mniejszą ($p \leq 0,05$) zawartością białka ogólnego w porównaniu z combrem kozłów z Polski płn.-wsch. oraz łopatką ($p \leq 0,05$), udźcem ($p \leq 0,05$) i combrem ($p \leq 0,01$) zwierząt z Polski płd.-wsch. Ponadto stwierdzono, że mięso z combra kozłów z Polski płd.-wsch. zawierało więcej ($p \leq 0,05$) białka ogólnego niż mięso z karkówki kozłów z tego regionu.

Najmniejszą zawartością składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu (różnice między średnimi podgrup potwierdzone statystycznie), charakteryzowało się mięso z karkówki kozłów z Polski płn.-wsch. Ponadto stwierdzono, że mięso z łopatki i udźca zwierząt z tego regionu miało mniejszą ($p \leq 0,05$) zawartość składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu w porównaniu z mięsem z łopatki i udźca kozłów z Polski płd.-wsch.

Analiza barwy mięsa wykazała, że mięso z combra, łopatki i udźca kozłów z Polski płd.-wsch. było jaśniejsze ($p \leq 0,01$) od mięsa z elementów tuszy kozłów z Polski płn.-wsch. oraz od mięsa z karkówki kozłów z Polski płd.-wsch. Ponadto stwierdzono, że mięso z łopatki kozłów z Polski płn.-wsch. było jaśniejsze ($p \leq 0,05$) w porównaniu z mięsem z combra i udźca zwierząt z tego regionu.

Zdecydowanie najmniejszym ($p \leq 0,01$) udziałem barwy czerwonej (a*), spośród wszystkich analizowanych podgrup doświadczalnych, charakteryzowała się barwa mięsa z combra kozłów z Polski płn.-wsch. Na niższym poziomie (różnice potwierdzone statystycznie), w porównaniu z mięsem z karkówki i łopatki kozłów z obu analizowanych regionów oraz mięsem z combra kozłów z Polski płd.-wsch., kształtował się udział barwy czerwonej w mięsie z udźca kozłów z Polski płn.-wsch. Największym udziałem barwy czerwonej odznaczała się barwa mięsa z karkówki kozłów z Polski płd.-wsch. Wysoką wartością parametru a* charakteryzowało się również mięso z karkówki kozłów z Polski płn.-wsch. Jego wartość była wyższa ($p \leq 0,01$) od stwierdzonej w mięsie z łopatki i udźca kozłów z Polski płd.-wsch. oraz mięsa z udźca zwierząt z Polski płd.-wsch. Ponadto stwierdzono, że barwa mięsa z udźca kozłów z Polski płd.-wsch. miała większy ($p \leq 0,01$) udział barwy czerwonej w porównaniu z mięsem z łopatki zwierząt z tego regionu.

Barwa mięsa pochodzącego z elementów tuszy kozłów z Polski płn.-wsch. oraz mięsa z karkówki kozłów z Polski płd.-wsch. odznaczała się większym ($p \leq 0,01$) udziałem barwy żółtej. Ponadto, istotnie ($p \leq 0,05$) większy udział barwy żółtej stwier-

dzono w mięsie z karkówki i łopatki w porównaniu z mięsem z udźca kozłów z Polski płn.-wsch.

Nasycenie barwy mięsa było większe ($p \leq 0,01$) w mięsie z karkówki i łopatki kozłów z Polski płn.-wsch. oraz z karkówki zwierząt z Polski płd.-wsch. w porównaniu z mięsem z pozostałych elementów tuszy kozłów z obu analizowanych regionów. W przypadku kozłów z Polski płd.-wsch. stwierdzono także, że mięso z łopatki miało większe ($p \leq 0,05$) nasycenie barwy w porównaniu z mięsem z udźca.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały wpływ pochodzenia kozłów sarny europejskiej na jakość ich mięsa. Mięso kozłów z Polski płd.-wsch. charakteryzowało się większą zawartością suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu i składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu, niższą wartością pH końcowego, a jego barwa była ciemniejsza i odznaczała się większym udziałem barwy czerwonej.
2. Stwierdzono zróżnicowanie jakości mięsa sarny pochodzącego z czterech zasadniczych elementów tuszy (karkówka, comber, łopatka, udziec). Mięso z combra i udźca charakteryzowało się większą średnią zawartością suchej masy, białka ogólnego, niższą wartością pH oraz ciemniejszą barwą, o mniejszym udziale barwy czerwonej i żółtej, a w konsekwencji mniejszym jej nasyceniem.
3. Stwierdzona w badaniach interakcja między badanymi czynnikami doświadczalnymi (pochodzenie kozłów sarny × element tuszy) wskazuje na konieczność kompleksowego i wielowymiarowego rozpatrywania czynników mogących kształtować jakość dziczyzny.

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] CIE (1978). 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'E Â clairage, Paris.

[3] Cygan-Szczegielniak D., Janicki B.: Influence of age and sex on the cholesterol content in roe deer's meat. Med. Wet., 2009, **65 (3)**, 179-180.

[4] Daszkiewicz T., Kubiak R., Winarski R., Koba-Kowalczyk M.: The effect of gender on the quality of roe deer (*Capreolus capreolus* L.). Small Ruminant Res., 2011, **103**, 169-175.

[5] Dzierżyńska-Cebulko B., Fruziński B.: Dziczyzna jako źródło żywności: wartość żywieniowa i przetwórcza. PWRiL, Warszawa 1997.
[6] Lawrie R.A.: Lawrie's Meat Science. 6th ed. Woodhead Publ. Ltd., Cambridge, England, 1998.
[7] Paulsen P., Bajer F., Winkelmayer R., Smulders F.J.M., Hofbauer P.: A note on quality traits of vacuum packaged meat from roe-deer cut and deboned 12 and 24 h *post mortem*. Fleischwirtschaft, 2005, **11**, 114-117.
[8] Pösö A.R., Puolanne E.: Carbohydrate metabolism in meat animals. Meat Sci., 2005, **70 (3)**, 423-434.
[9] Paulsen P., Winkelmayer R.: Seasonal variation in the microbial contamination of game carcasses in an Austrian hunting area. Eur. J. Wildl. Res., 2004, **50**, 157-159.
[10] Purchas R.W., Triumf E.C., Egelandsdal B.: Quality characteristics and composition of the longissimus muscle in the short-loin from male and female farmed red deer in New Zealand. Meat Sci., 2010, **86 (2)**, 505-510.
[11] Smolińska T., Klonowski T.: Związek pomiędzy wodochłonnością, pH i barwą świeżego i mrożonego mięsa dziczyzny. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 1975, **XX (111)**, 131-139.
[12] StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 9.0. Tulsa, OK, USA, 2009.
[13] Stevenson J.M., Seman D.L., Littlejohn R.P.: Seasonal variation in venison quality of mature, farmed red deer stags in New Zealand. J. Anim. Sci., 1992, **70 (5)**, 1389-1396.
[14] Szkucik K.: Pozostałość krwi w tkankach wykrwawianych zwierząt. Med. Wet., 1998, **54**, 537-540.
[15] Trziszka T.: Technological evaluation of carcasses and meat in red deer and roe deer. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 1975, **XX (111)**, 149-155.
[16] Wiklund E., Manley T.R., Littlejohn R.P., Stevenson-Barry J.M.: Fatty acid composition and sensory quality of Musculus longissimus and carcass parameters in red deer (*Cervus elaphus*) grazed on natural pasture or fed a commercial feed mixture. J. Sci. Food Agric., 2003, **83 (5)**, 419-424.
[17] Wójcik K., Sobczak M., Żochowska-Kujawska J., Zieliński K.: Porównanie tekstury i struktury oraz podatności na proces masowania mięśni danieli (*Dama dama*) w zależności od płci i wieku. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **1 (68)**, 93-104.
[18] Ziembińska A., Krasnowska G.: Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego w obrocie tuszami zwierząt łownych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **1 (50)**, 16-25.
[19] Zomborszky Z. Szentmihalyi G., Sarudi I., Horn P., Szabo C.S.: Nutrient compositions of muscles in Deer and Boar. J. Food Sci., 1996, **61 (3)**, 625-626.
[20] Żochowska-Kujawska J., Lachowicz K., Sobczak M. Bienkiewicz G.: Utility for production of massaged products of selected wild boar muscles originating from wetlands and arable area. Meat Sci., 2010, **85 (3)**, 461-466.
[21] Żochowska-Kujawska J., Sobczak M., Lachowicz K., Nitek L.: Wydajność łowna i udział elementów zasadniczych w tuszach dzików w zależności od sezonu i miejsca odstrzału oraz płci. Med. Wet., 2010, **66**, 335-338.

QUALITY PROFILE OF MEAT FROM DIFFERENT CARCASS CUTS OF ROE DEER (*CAPREOLUS CAPREOLUS* L.) BUCKS HUNTER-HARVESTED IN NORTH-EAST AND SOUTH-EAST POLAND

S u m m a r y

The objective of this study was to compare the quality of meat from different cuts obtained from carcasses of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) bucks hunted in forests in north-east (10 animals) and south-east Poland (10 animals). Four primal carcass cuts of bucks were analyzed: neck, shoulder, saddle, and

leg. Meat obtained from each cut was finely chopped and thoroughly mixed. Next, average samples were collected from each cut (of ca. 300 g). The chemical composition and physicochemical properties of meat were determined.

It was found that the meat of roe deer bucks from north-east Poland was characterized by a higher ($p \leq 0.01$) content of dry matter, total protein and mineral compounds determined as ash, and a higher ($p \leq 0.05$) average pH value. Furthermore, their meat was characterized by a lighter colour (L*) ($p \leq 0.01$), it was also more yellow (b*) ($p \leq 0.01$) and less red (a*) ($p \leq 0.01$).

The meat from shoulder had the lowest ($p \leq 0.01$) content of dry matter. The meat from saddle had the highest content of protein, and the meat from shoulder: the lowest (differences among the means in the experimental groups were confimed statistically). The meat from neck was characterized by the highest content of fat, the lowest content of mineral compounds determined as ash, and, also, the highest pH value (differences among the means in the experimental groups were confirmed statistically). The colour of the meat from neck was lighter (L*) ($p \leq 0.01$) compared with the colour of the meat from saddle and leg, its red component was the strongest ($p \leq 0.01$) (a*) and its yellow component (b*) was also stronger ($p \leq 0.05$) compared with the colour of the meat from leg. The meat from leg and saddle was less red compared with the meat from shoulder ($p \leq 0.01$). Moreover, it was found that the meat from leg was less yellow (b*) ($p \leq 0.05$) compared with the meat from shoulder.

Key words: venison, roe deer, cuts from carcass, meat quality

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 64 – 79

TADEUSZ SZMAŃKO, JUSTYNA GÓRECKA, JAKUB NIEDŹWIEDŹ,
ADAM MALICKI

WYBRANE WYRÓŻNIKI JAKOŚCIOWE POLĘDWIC SOPOCKICH ZAPAKOWANYCH W STANIE NIEWYCHŁODZONYM (BADANIA MODELOWE)

S t r e s z c z e n i e

W celu zwiększenia trwałości peklowane elementy przeznaczone do produkcji polędwic sopockich pokryto substancjami bakteriostatycznymi: mleczanem sodu, sorbinianem potasu, mieszaniną mleczanu sodu i sorbinianu potasu, cystatyną oraz karagenem lub żelatyną. Po zakończonej obróbce cieplnej wędzonki w stanie gorącym zapakowano próżniowo w folię termokurczliwą, schłodzono szokowo w temperaturze 0 °C i przechowywano w temperaturze bliskiej krioskopowej (-3 °C) przez 42 doby. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zapakowanie wędzonek w stanie gorącym, bezpośrednio po zakończonym procesie produkcyjnym, a następnie szokowe ich schłodzenie i dalsze przechowywanie w temperaturze bliskiej krioskopowej korzystnie wpływa na ich jakość.

Słowa kluczowe: wędzonki, powłoki bakteriostatyczne, pakowanie w stanie niewychłodzonym, przechowywanie krioskopowe, wyróżniki jakościowe

Wprowadzenie

Do ważnych cech jakościowych wędlin należy odpowiednia ich trwałość. Umożliwia ona produkcję dużych serii produkcyjnych poszczególnych sortymentów oraz dystrybucję wyrobów na odległe rynki. Pozwala również konsumentom na zmniejszenie częstotliwości zakupów. Przede wszystkim jednak zwiększa bezpieczeństwo żywności. Efekt dłuższej przydatności do spożycia można osiągnąć przez wykorzystanie w produkcji surowca o wysokiej jakości mikrobiologicznej [1, 10, 12]. Dobre wyniki może zapewnić również stosowanie systemu zarządzania bezpieczeństwem zdrowot-

Prof. dr hab. inż. T. Szmańko, mgr inż. J. Górecka, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław, dr hab. A. Malicki, prof. nadzw., Katedra Higieny i Ochrony Zdrowia Konsumenta, Wydz. Weterynarii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. C. K. Norwida 31, 50-375 Wrocław, mgr inż. J. Niedźwiedź, Zakład Przetwórstwa Mięsnego DWORECKI Sp. J., Golejewo 34, 63-921 Chojno

nym żywności na poszczególnych etapach produkcji, przestrzeganie ciągłości łańcucha chłodniczego (z ewentualnym zastosowaniem temperatury bliskiej krioskopowej), a także wprowadzenie technologii pakowania gorących wędzonek bezpośrednio po zakończonej obróbce cieplnej z uwzględnieniem szokowego wychładzania zapakowanych produktów [15, 24, 25, 26].

Ważną funkcję w zapewnieniu trwałości żywności spełnia opakowanie [14]. Coraz powszechniej stosowane są opakowania aktywne [3, 11, 24]. Według Cookseya [4], aktywne pakowanie można realizować poprzez: wprowadzenie reaktywnych substancji do struktury opakowania, naniesienie czynnych substancji w formie powłoki na powierzchnię produktu oraz zastosowanie oddziałujących na przechowywaną żywność substancji w formie saszetek umieszczonych bezpośrednio pomiędzy produktem a opakowaniem. Rolą aktywnego opakowania jest najczęściej pochłanianie tlenu, regulacja zawartości wilgoci w opakowaniu lub oddziaływanie bakteriostatyczne [24]. Ostatnia z wymienionych funkcji należy do najważniejszych. Jako substancje bakteriostatyczne mogą być stosowane związki organiczne lub nieorganiczne, w tym również pochodzenia naturalnego, m.in. kwasy, alkohole, enzymy, fenole, ekstrakty przypraw, esencje [7]. Efekt zwiększonej trwałości produktu można również uzyskać przez zachowanie warunków wysokiego standardu higienicznego podczas pakowania produktów finalnych [15].

Założono, że efekt zwiększonej trwałości wędzonek będzie można uzyskać dzięki pokryciu ich powierzchni substancjami bakteriostatycznymi, a także przez próżniowe ich zapakowanie w folię termokurczliwą i szokowe schłodzenie, bezpośrednio po zakończonej obróbce cieplnej oraz dzięki przechowywaniu w temperaturze bliskiej krioskopowej.

Celem badań była ocena cech jakościowych, w tym przede wszystkim jakości sensorycznej oraz zanieczyszczenia mikrobiologicznego polędwic sopockich, pokrytych przed wędzeniem substancjami bakteriostatycznymi, a po wędzeniu i obróbce cieplnej zapakowanych próżniowo w folię termokurczliwą, szokowo schłodzonych, a następnie przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym były modelowe polędwice sopockie, wyprodukowane w warunkach laboratoryjnych, w trzech szarżach produkcyjnych, w tygodniowych odstępach. Do ich produkcji wykorzystano mięśnie najdłuższe grzbietu (*m. Longissimus dorsi,* LD) wykrojone z tusz świń rasy wielka biała polska, niewykazujące wad jakościowych (pH_{45} mięśnia LD na wysokości ostatniego kręgu piersiowego wynosiło 6,30). Surowiec pobierano z tusz świń o masie przedubojowej około 100 kg, ubijanych w zakładzie mięsnym na terenie Wielkopolski. Produkcja modelowych polędwic sopockich obejmowała następujące etapy:

- podział mięśni LD na około 300-gramowe odcinki, przeznaczone do produkcji indywidualnych wędzonek,
- 40-procentowy nastrzyk mięśni LD solanką o składzie: peklosól – 7,87 %, polifosforany – 1,66 %, karagen – 1,57 %, izoaskorbinian sodu – 0,16 %, glutaminian sodu – 1,66 %, woda – 87,08 %,
- masowanie nastrzykniętych mięśni w masownicy typu PEK-Mont M 203 (temp. = 2 ± 1 °C, t = 18 h, 4 obroty bębna/min, 95 % próżni, 10 min aktywnego masowania, 10 min relaksacji przy ciśnieniu atmosferycznym), aplikowanie na powierzchnię (przez zanurzenie polędwic poszczególnych czterech grup doświadczalnych) peklowanych półproduktów roztworów substancji bakteriostatycznych: 2-procentowego roztworu mleczanu sodu, 2-procentowego roztworu sorbinianu potasu, 2-procentowej mieszaniny (1 : 1) mleczanu sodu i sorbinianu potasu, roztworu cystatyny (stężeniu 500 μg/100 ml, aktywność właściwa 10 U/mg białka). Po zanurzeniu polędwic w doświadczalnych roztworach na powierzchni prób pozostawało od 10 do 12 g roztworu substancji bakteriostatycznych,
- osuszanie polędwic w komorze wędzarniczo-parzelniczej firmy KERRES (temp. = 45 °C, t = 60 min),
- aplikacja substancji sorbujących wodę[1] (tj. 13-procentowego roztworu karagenu lub 10-procentowego roztworu żelatyny), również przez zanurzenie na osuszoną powierzchnię polędwic sopockich pokrytych czynnikami bakteriostatycznymi, na półproduktach pozostawało od 10 do 12 g zastosowanego roztworu (tab. 1),
- osuszanie powierzchni polędwic w komorze wędzarniczo-parzelniczej (temp. = 45 °C, t = 60 min),
- wędzenie w komorze wędzarniczo-parzelniczej w temp. 50 – 60 °C przez 120 min,
- pieczenie polędwic w temp. 82 °C do temp. 72 °C w centrum geometrycznym batonu,

[1] Ze względu na to, że w eksperymencie zastosowano pakowanie wędzonek w stanie gorącym, połączone z szokowym ich wychładzaniem na powierzchnię wyrobów nanoszono powłoki sorbujące wodę, których funkcją było chłonięcie skraplającej się na wewnętrznej stronie opakowania pary wodnej podczas intensywnego wychładzania gorących produktów. W tym celu zastosowano: żelatynę (roztwór 10-procentowy), karagen (roztwór 13-procentowy) oraz celulozę (roztwór 2-procentowy). Stężenia doświadczalnych substancji przyjęto po wstępnej weryfikacji różnych ich rozcieńczeń. Powłoki były testowane pod względem zdolności chłonięcia przez nie wilgoci. W tym celu na płytkach Petriego suszono, w warunkach identycznych, jak podczas wędzenia i pieczenia wędlin, po 10 cm^3 roztworów doświadczalnych substancji (były to ilości podobne jak te, które pozostawały na batonach po zanurzeniu peklowanych półproduktów przed wędzeniem w roztworach sorbentów). Substancje doświadczalne, wysuszone na płytkach Petriego o powierzchni ok. 280 cm^2 (w przybliżeniu taką powierzchnię miały polędwice), zalewano 10 cm^3 wody, przykrywano drugą płytką i utrzymywano w temp. 0 ºC przez 12 h, następnie określano, ilość wchłoniętej H_2O przez każdą z nich. Zdolność absorbowania wody przez badane sorbenty charakteryzowały następujące wartości: karagen – 46,0 %, celuloza 0,36 %, żelatyna – 7,73 %. Do dalszych badań nie zastosowano celulozy ze względu na bardzo małą zdolność chłonięcia przez nią wody.

- pakowanie próżniowe polędwic w folię termokurczliwą Cryovac,
- zanurzenie zapakowanych wędlin w wodzie o temp. 98 ºC (3 min), w celu obkurczenia na produkcie folii,
- chłodzenie szokowe zapakowanych polędwic sopockich w wodzie z lodem o temp. 0 °C przez 12 h do uzyskania temp. 0 °C w centrum geometrycznym batonu,
- przechowywanie modelowych wędzonek w temp. bliskiej krioskopowej (-3 ± 0,5 °C) przez 42 doby.

Do badań użyto polędwic sopockich nieprzechowywanych (0) oraz przechowywane przez 42 doby w temp. bliskiej krioskopowej (-3 ± 0,5 ºC).

Z poszczególnych schabów przeznaczonych do produkcji wędzonek doświadczalnych (z wyjątkiem wariantu KZ i KC) wykrawano trzy kolejne odcinki (około 300-gramowe porcje mięśnia). Pierwszy przeznaczony był do pokrycia doświadczalną substancją bakteriostatyczną (lub nie pokrywano go żadną substancją bakteriostatyczną, Kb) oraz powłoką karagenową produktu po peklowaniu, a przed wędzeniem. Wyprodukowane wędzonki przechowywano przez 42 doby. Drugiego odcinka schabu nie pokrywano ani substancjami bakteriostatycznymi, ani powłokami mającymi chłonąć wodę, wykorzystany był on do badań fizykochemicznych i sensorycznych realizowanych na produkcie nieprzechowywanym (0). Trzeci odcinek schabu pokrywano identyczną substancją bakteriostatyczną jak pierwszy (lub nie pokrywano go żadną substancją bakteriostatyczną, Zb) oraz powłoką żelatynową, przeznaczany był do badań po 42 dobach. Wędzonki wyprodukowane z drugiego odcinka schabu były odniesieniem w stosunku do prób przechowywanych, pokrytych tą samą substancją bakteriostatyczną, ale różnymi sorbentami mającymi chłonąć wodę, tj. karagenem lub żelatyną.

W badaniach mikrobiologicznych (oprócz wariantu KZ i KC), jako próby nieprzechowywane, stanowiące odniesienie do wędzonek wyprodukowanych z pierwszego odcinka schabu (pokrytych karagenem, przechowywanych przez 42 doby), przyjęto tę część wędliny wyprodukowanej z drugiego odcinka schabu, która przed podzieleniem mięśnia na trzy części znajdowała się od strony odcinka pierwszego. Natomiast odniesieniem do wędzonki wyprodukowanej z trzeciego odcinka schabu była ta część przetworu, wyprodukowanego z drugiego odcinka mięśnia LD, która przed jego podzieleniem na trzy części znajdowała się od strony trzeciego odcinka schabu.

Mięśnie LD przeznaczone do produkcji wędlin KZ i KC dzielono na 4 części, z których produkowano 4 wędzonki. Z pierwszego i drugiego odcinka mięśnia LD polędwice przeznaczano do pakowania po wychłodzeniu (KZ), na których badania wykonano przed przechowywaniem (0) oraz po przechowywaniu (po 42 dobach). Trzeci i czwarty odcinek mięśnia LD przeznaczano do produkcji polędwic pakowanych w stanie niewychłodzonym (KC), badanych odpowiednio w `kresie zerowym (0) oraz po 42 dobach. Wędlin pakowanych po wychłodzeniu (KZ) oraz w stanie gorącym (KC) nie pokrywano powłokami sorbującymi wodę, jak również nie stosowano na ich

powierzchni substancji bakteriostatycznych. Na polędwicach KZ i KC wykonywano wszystkie przewidziane w eksperymencie oznaczenia.

Wędliny Kb oraz Zb były pokryte substancjami chłonącymi wodę, odpowiednio: roztworem karagenu i żelatyny, nie stosowano natomiast na ich powierzchni substancji bakteriostatycznych. Produkowano je z przylegających do siebie odcinków mięśnia LD i pakowano w stanie gorącym.

Model badań przedstawiono w tab. 1.

T a b e l a 1

Warianty prób doświadczalnych.
Variants of experimental tests.

<table>
<tr><td rowspan="2">Grupy doświadczalne
Experimental groups</td><td colspan="6">Rodzaj powłoki sorbującej wodę / Type of water-absorbing coatings</td></tr>
<tr><td colspan="2">Karagen
Carrageenan</td><td colspan="2">Żelatyna
Gelatine</td><td colspan="2">Bez powłoki chłonącej wodę
Without water-absorbing coating</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Rodzaj substancji bakteriostatycznej
Type of bacteriostatic substance</td><td colspan="2">Bez substancji bakteriostatycznej (Kb)
Without bacteriostatic substance (Kb)</td><td colspan="2">Bez substancji bakteriostatycznej (Zb)
Without bacteriostatic substance (Zb)</td><td rowspan="5">Bez substancji bakteriostatycznej
Without bacteriostatic substance</td><td rowspan="3">Polędwice pakowane po wychłodzeniu (KZ)
Tenderloins packed after chilling (KZ)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mleczan sodu (Km)
Sodium lactate (Km)</td><td colspan="2">Mleczan sodu (Zm)
Sodium lactate (Zm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sorbinian potasu (Ks)
Potassium sorbate (Ks)</td><td colspan="2">Sorbinian potasu (Zs)
Potassium sorbate (Zs)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mleczan sodu + sorbinian potasu (Kms)
Sodium lactate + Potassium sorbate (Kms)</td><td colspan="2">Mleczan sodu + sorbinian potasu (Zms)
Sodium lactate + Potassium sorbate (Zms)</td><td rowspan="2">Polędwice pakowane po zakończonej obróbce cieplnej (KC)
Smoked tenderloins packed upon hot treatment completed (KC)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cystatyna (Kc)
Cystatin (Kc)</td><td colspan="2">Cystatyna (Zc)
Cystatin (Zc)</td></tr>
<tr><td colspan="6">Okres przechowywania [doby] / Storage period [day]</td></tr>
<tr><td>0</td><td>42</td><td>0</td><td>42</td><td>0</td><td>42</td></tr>
</table>

Badania fizykochemiczne modelowych polędwic sopockich obejmowały oznaczenie zawartości: azotanów(III) [16], wolnych grup aminowych zmodyfikowaną metodą Kuchroo i wsp. [13] oraz pomiar kwasowości czynnej bezpośrednio w przetworach (zastosowano pH-metr MICROCOMPUTER CP-551, sprzężony z elektrodą szklano-kalomelową). Przeprowadzono również ocenę sensoryczną [17] przy wykorzystaniu 6-punktowej skali akceptacji (1 pkt – najniższa ocena, 6 pkt – najwyższa

ocena). W analizie uwzględniono wygląd zewnętrzny, barwę, zapach, soczystość, kruchość, smakowitość oraz ogólną ocenę sensoryczną. Ocenę przeprowadził 7-osobowy zespół przeszkolony w zakresie analizy sensorycznej wędzonek. Badania mikrobiologiczne obejmowały oznaczenie: ogólnej liczby drobnoustrojów [20], liczby bakterii z grupy coli [18], liczby *Escherichia coli* [22], liczby drożdży i pleśni [19], pałeczek z rodzaju *Salmonella* [21].

Wyniki badań poddano analizie statystycznej w programie STATISICA ver. 10.0. Obliczano wartości średnie, odchylenia standardowe i najmniejsze istotne różnice pomiędzy średnimi (NIR). Różnice pomiędzy średnimi analizowano testem Duncana na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Odczyn doświadczalnych przetworów kształtował się na poziomie charakterystycznym dla niedojrzewających przetworów mięsnych, tj. powyżej 6,0 (6,03 - 6,10). Taki zakres pH charakteryzuje szynki wołowe i wieprzowe, a także kiełbasy [27, 28, 32, 33, 34]. Produkty pakowane w stanie gorącym, pokryte karagenem lub żelatyną z udziałem doświadczalnych substancji bakteriostatycznych, nie różniły się pod względem wartości pH. Po 42-dobowym przechowywaniu w próbach pakowanych po wychłodzeniu (KZ), jak również w stanie gorącym (KC) nie stwierdzono zmian wartości pH, natomiast polędwice pokryte mleczanem sodu i żelatyną odznaczały się istotnie wyższymi wartościami odczynu w porównaniu z pozostałymi wędzonkami. Efekt ten mógł być w pewnym stopniu spowodowany alkalicznym oddziaływaniem mleczanu sodu na pokryte nim produkty. Również polędwice sopockie z naniesioną na ich powierzchnię żelatyną charakteryzowały się tendencją do wyższych wartości pH w porównaniu z przetworami pokrytymi karagenem.

Przechowywanie polędwic spowodowało statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) wzrost zawartości wolnych grup aminowych (tab. 2). Kumulowanie produktów degradacji białek w składowanych produktach mięsnych jest konsekwencją przechowalniczej degradacji protein. Zakres tego procesu może być zróżnicowany jednak zawsze ma on miejsce [9, 31, 32]. Na dynamikę degradacji białek w wędlinach nie miały wpływu powłoki zastosowane w celu chłonięcia powstającej na wewnętrznej stronie opakowania wilgoci a także substancje bakteriostatyczne. Znamienne było jednak, że wędzonki pokryte żelatyną charakteryzowały się tendencją do mniejszej kumulacji wyżej wymienionych produktów degradacji białek.

T a b e l a 2

Kwasowość czynna (pH), zawartość azotanów(III) [ppm] i wolnych grup aminowych [µg Gly/g produktu] w polędwicach sopockich.
Acidity (pH), content of nitrates (III) [ppm] and free amino groups of Sopocka Tenderloins [µg Gly/g products].

Grupy doświadczalne Experimental groups	Kwasowość (pH) Acidity (pH)		Azotany(III) Nitrates(III)		Wolne grupy aminowe Free amino groups	
	Okres przechowywania [doby] / Storage period [days]					
	0	42	0	42	0	42
KZ*	6,08 ± 0,21	6,07 ± 0,18^{bc}	72,4 ± 1,6^{B}	22,2 ± 2,5^{cA}	4855 ± 362^{bA}	6024 ± 373^{B}
KC	6,10 ± 0,12	6,08 ± 0,73^{c}	70,8 ± 1,4^{B}	16,2 ± 2,0^{aA}	4526 ± 437^{aA}	6238 ± 289^{B}
Kb	6,04 ± 0,12	6,03 ± 0,93^{ab}	73,6 ± 1,6^{B}	19,7 ± 2,5^{bcA}	4579 ± 420^{aA}	6290 ± 622^{B}
Km	6,07 ± 0,06	6,03 ± 0,01^{ab}	72,7 ± 2,1^{B}	20,8 ± 4,4^{bcA}	4961 ± 724^{abA}	6282 ± 539^{B}
Ks	6,10 ± 0,11	6,03 ± 0,01^{ab}	71,8 ± 2,2^{B}	19,0 ± 2,7^{abcA}	5131 ± 261^{bA}	6297 ± 748^{B}
Kms	6,08 ± 0,12	6,05 ± 0,03^{abc}	70,8 ± 3,6^{B}	18,4 ± 2,8^{abA}	4517 ± 421^{aA}	6283 ± 564^{B}
Kc	6,09 ± 0,14	6,04 ± 0,00^{ab}	72,4 ± 2,8^{B}	22,3 ± 2,2^{cA}	4852 ± 510^{abA}	6147 ± 475^{B}
Zb	6,04 ± 0,12	6,06 ± 0,01^{abc}	73,6 ± 1,6^{B}	18,0 ± 2,6^{abA}	4579 ± 420^{aA}	6162 ± 622^{B}
Zm	6,07 ± 0,06	6,13 ± 0,10^{d}	72,7 ± 2,1^{B}	18,8 ± 2,7^{abA}	4961 ± 724^{abA}	6154 ± 539^{B}
Zs	6,10 ± 0,11	6,08 ± 0,04^{c}	71,8 ± 2,2^{B}	17,9 ± 4,6^{abA}	5131 ± 261^{bA}	6169 ± 748^{B}
Zms	6,08 ± 0,12	6,07 ± 0,07^{bc}	70,8 ± 3,6^{B}	16,0 ± 2,71^{aA}	4517 ± 421^{aA}	6155 ± 564^{B}
Zc	6,09 ± 0,14	6,06 ± 0,06^{abc}	72,4 ± 2,8^{B}	20,2 ± 2,8^{bcA}	4852 ± 510^{abA}	6019 ± 475^{B}

***** Objaśnienia symboli jak w tab. 1. / Explanations as in Tab. 1.
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation; n = 9.
A, B, C… – wartości średnie w poszczególnych wierszach, w obrębie badanych wyróżników, zaznaczone różnymi dużymi literami, różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in individual rows (within parameters analyzed) and denoted by different capital letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$;

a, b, c… – wartości średnie w poszczególnych kolumnach, zaznaczone różnymi małymi literami, różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in individual columns and denoted by different small letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Po 42 dobach utrzymywania wędzonek w temp. bliskiej krioskopowej stwierdzono istotne zmniejszenie zawartości azotanów(III), co jest zjawiskiem korzystnym ze względu na możliwość tworzenia się przy ich udziale rakotwórczych N-nitrozoamin [2, 5, 23]. Do czynników sprzyjających zachowaniu małej zawartości azotanów(III) w przetworach mięsnych należą: mała dawka zastosowanych soli peklujących, długi okres poprodukcyjnego przechowywania przetworów, a także niska wartość pH [6, 8, 30]. W kontekście wyżej wymienionych informacji literaturowych, w warunkach badań własnych odczyn mógł być jedynym czynnikiem, który oddziaływał na zawartość azotanów(III), jednak w zrealizowanym eksperymencie pH było tak nieznacznie zróżnicowane, że jego wpływ na zawartość azotanów(III) prawdopodobnie nie miał znaczenia. W przechowywanych przetworach zaobserwowano również tendencję do mniejszych zawartości azotanów(III) w próbach pokrytych żelatyną. Ponadto, w obu grupach eksperymentalnych polędwic sopockich pokrytych substancjami sorbującymi wodę (tj. żelatyną lub karegenem), produkty zawierające w powłoce ochronnej cystatynę, a także mleczan sodu charakteryzowały się wyższą zawartością azotanów(III) aniżeli polędwice z naniesionymi na ich powierzchnię pozostałymi, zastosowanymi w badaniach substancjami bakteriostatycznymi.

Na szczególną uwagę zasługuje istotnie mniejsza zawartość azotanów(III) w wędzonkach kontrolnych pakowanych w stanie ciepłym (KC), w porównaniu z produktami umieszczanymi w opakowaniach po wychłodzeniu (KZ). W wędlinach KZ w trakcie powolnego ich wychładzania prawdopodobnie nadal postępował proces denaturacji białek i w związku z tym można założyć, że był on w znacznie większym stopniu zaawansowany aniżeli w próbach KC, w których w wyniku intensywnego wychładzania denaturacja białek mogła zostać zahamowana i w rezultacie nie jest wykluczone, że w wędzonkach tych mogły występować formy białek niezdenaturowane, które nadal reagowały z grupą NO, a konsekwencją tego mogła być stwierdzona mniejsza zawartość azotanu(III).

Pakowanie polędwic w stanie gorącym nie miało wpływu na wygląd zewnętrzny prób nieprzechowywanych (tab. 3). Składowanie doświadczalnych przetworów wiązało się z pogorszeniem ich wyglądu zewnętrznego. Jednak zastosowanie na powierzchni wyrobów warstwy karagenowej przyczyniało się do wyższych ocen wyglądu zewnętrznego przechowywanych wędzonek, pomimo że produkty pokryte wyżej wymienionymi hydrokoloidami charakteryzowało na powierzchni miejscowe zróżnicowanie barwy (występujące w postaci cętek). Najwyżej (6,0 pkt) oceniono próby pokryte karagenem, zawierające jako czynnik bakteriostatyczny mieszaninę mleczanu sodu i sorbinianu potasu.

T a b e l a 3

Wyniki oceny sensorycznej polędwic sopockich: wygląd zewnętrzny i barwa [pkt].
Results of sensory analysis of Sopocka Tenderloins: appearance and colour [points].

Grupy doświadczalne Experimental groups	Wygląd zewnętrzny Appearance		Barwa Colour	
	Okres przechowywania [doby] / Storage period [days]			
	0	42	0	42
KZ	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,1 \pm 0,1^{bA}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,4 \pm 0,2^{abA}$
KC	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,1 \pm 0,2^{bA}$	$5,9 \pm 0,1$	$5,9 \pm 0,1^{e}$
Kb	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,2 \pm 0,2^{bcA}$	$5,8 \pm 0,2$	$5,5 \pm 0,4^{bc}$
Km	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,3 \pm 0,4^{cA}$	$5,8 \pm 0,1$	$5,6 \pm 0,4^{bc}$
Ks	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,3 \pm 0,5^{cA}$	$5,8 \pm 0,1$	$5,7 \pm 0,2^{cd}$
Kms	$5,9 \pm 0,1^{A}$	$6,0 \pm 0,1^{dB}$	$5,8 \pm 0,1$	$6,0 \pm 0,1^{e}$
Kc	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,0 \pm 0,1^{bA}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,0 \pm 0,4^{aA}$
Zb	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,0 \pm 0,1^{aA}$	$5,8 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,6^{b}$
Zm	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,0 \pm 0,1^{aA}$	$5,8 \pm 0,7^{B}$	$5,4 \pm 0,5^{abA}$
Zs	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,1 \pm 0,2^{bA}$	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,5 \pm 0,4^{bcA}$
Zms	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,0 \pm 0,0^{aA}$	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,1 \pm 0,1^{aA}$
Zc	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,1 \pm 0,1^{bA}$	$5,9 \pm 0,1$	$5,9 \pm 0,1^{e}$

Objaśnienia jak w tab. 1 i tab. 2. / Explanations as in Tab. 1 and Tab. 2.; n = 9.

Barwę wędlin przechowywanych, pakowanych bezpośrednio po zakończonym procesie produkcyjnym, oceniono wyżej aniżeli produktów umieszczonych w opakowaniach po wychłodzeniu (tab. 3). Może świadczyć to o słuszności przedstawionej wcześniej hipotezy, zakładającej możliwość dalszego reagowania tlenku azotu w produktach pakowanych w stanie ciepłym, intensywnie wychładzanych. Potwierdzeniem słuszności takiego przypuszczenia może być również stwierdzona mniejsza zawartość azotanu(III) w tych przetworach. Konsekwencją prawdopodobnych reakcji grupy NO była bardziej atrakcyjna barwa przetworów grupy KC. Nie było istotnych różnic pod względem barwy pomiędzy wędzonkami pokrytymi karagenem i żelatyną. Obserwowano jednak tendencję do wyższych ocen barwy prób pokrytych powłoką karagenową. W tej grupie, pod względem barwy, najwyżej oceniono wędzonki zawierające na powierzchni mieszaninę mleczanu sodu i sorbinianu potasu jako czynnik bakteriostatyczny. Wśród produktów pokrytych żelatyną najwyżej sklasyfikowano wyroby zawierające w powłoce zewnętrznej cystatynę. Próby pokryte żelatyną i mleczanem sodu oraz sorbinianem potasu nie uzyskały tak wysokiej oceny barwy, jak wędliny, w których

wyżej wymienione substancje bakteriostatyczne zastosowano w połączeniu z powłoką karagenową.

T a b e l a 4

Wyniki oceny sensorycznej polędwic sopockich: zapach i soczystość [pkt].
Results of sensory analysis of Sopocka Tenderloins: smell and juiciness [points].

Grupy doświadczalne Experimental groups	Zapach / Smell		Soczystość / Juiciness	
	Okres przechowywania [doby] / Storage period [days]			
	0	42	0	42
KZ	$5,8 \pm 0,3^{aB}$	$4,9 \pm 0,0^{aA}$	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,8 \pm 0,1^{c}$
KC	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,1 \pm 0,1^{a}$	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,9 \pm 0,1^{d}$
Kb	$5,8 \pm 0,1^{a}$	$6,0 \pm 0,0^{d}$	$5,9 \pm 0,0^{bB}$	$5,7 \pm 0,2^{bA}$
Km	$5,9 \pm 0,1^{ab}$	$5,9 \pm 0,11^{d}$	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,9 \pm 0,1^{cd}$
Ks	$5,9 \pm 0,0^{ab}$	$5,3 \pm 0,1^{c}$	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,9 \pm 0,1^{d}$
Kms	$5,8 \pm 0,0^{a}$	$6,0 \pm 0,1^{d}$	$5,9 \pm 0,1^{bB}$	$5,6 \pm 0,1^{aA}$
Kc	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,7 \pm 0,1^{cd}$	$5,8 \pm 0,1^{a}$	$5,8 \pm 0,2^{b}$
Zb	$5,8 \pm 0,1^{ab}$	$5,2 \pm 0,5^{bA}$	$5,9 \pm 0,1^{bB}$	$5,7 \pm 0,1^{bA}$
Zm	$5,9 \pm 0,1^{abB}$	$5,1 \pm 0,1^{abA}$	$5,9 \pm 0,1^{bB}$	$5,7 \pm 0,2^{bA}$
Zs	$5,9 \pm 0,1^{abB}$	$5,1 \pm 0,4^{abA}$	$5,9 \pm 0,1^{bB}$	$5,8 \pm 0,1^{bA}$
Zms	$5,8 \pm 0,0^{aB}$	$4,9 \pm 0,1^{aA}$	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,9 \pm 0,1^{d}$
Zc	$5,9 \pm 0,1^{b}$	$5,9 \pm 0,1^{d}$	$5,8 \pm 0,1^{a}$	$5,8 \pm 0,1^{b}$

Objaśnienia jak w tab. 1 i tab. 2. / Explanations as in Tab. 1 and Tab. 2.; n = 9.

Wędzonki przechowywane w powłoce karagenowej zostały wyżej ocenione pod względem zapachu, podobnie jak wyroby pakowane bezpośrednio po zakończonej obróbce cieplnej (KC). Można przypuszczać, że powłoka karagenowa była bardziej przepuszczalna dla składników dymu wędzarniczego, a także, że pakowanie wędlin w stanie gorącym przyczyniało się do zatrzymania w produkcie większej ilości substancji zapachowych.

Pod względem soczystości, wędzonki pakowane w stanie niewychłodzonym (KC) oceniono wyżej aniżeli wyroby umieszczone w opakowaniach po wychłodzeniu (KZ), co mogło być konsekwencją zatrzymania większej ilości wody w tych produktach. Próby pokryte karagenem lub żelatyną z udziałem substancji bakteriostatycznych nie różniły się (tab. 4). Tendencja do większej soczystości prób powleczonych żelatyną wykazywała związek z większą ich kruchością.

Produkty tradycyjnie wychłodzone (KZ) były bardziej kruche w porównaniu z próbami chłodzonymi szokowo (KC). Prawdopodobnie dłuższy okres oddziaływania

wysokiej temperatury na produkty po zakończonej obróbce cieplnej, w przypadku produktów pakowanych po powolnym wychładzaniu, miał destrukcyjny wpływ na struktury kolagenowe mięśnia, przyczyniając się do większej kruchości przetworów. Wśród produktów powleczonych powłokami chłonącymi wodę z udziałem substancji bakteriostatycznych najwyższą kruchością odznaczały się wędzonki pokryte mieszaniną mleczanu sodu i sorbinianu potasu, przechowywane w powłoce żelatynowej, a jedynie nieznacznie niższą – wędliny pokryte mleczanem sodu oraz karagenem (tab. 5).

Tabela 5

Wyniki oceny sensorycznej polędwic sopockich: kruchość, smakowitość oraz ogólna ocena sensoryczna [pkt].
Results of sensory analysis of Sopocka Tenderloins: tenderness, flavour, and general sensory assessment [points].

Grupy doświadczalne Experimental groups	Kruchość Tenderness		Smakowitość Flavour		Ogólna ocena sensoryczna General sensory assessment	
	Okres przechowywania [doby] Storage period [days]					
	0	42	0	42	0	42
KZ	$5,8 \pm 0,2^{ab}$	$5,7 \pm 0,1^{cd}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,6 \pm 0,1^{bcA}$	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,4 \pm 0,2^{bcA}$
KC	$5,9 \pm 0,1^{bB}$	$5,5 \pm 0,1^{bA}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,6 \pm 0,1^{bcA}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,7 \pm 0,1^{deA}$
Kb	$5,7 \pm 0,2^{a}$	$5,6 \pm 0,1^{bc}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,7 \pm 0,1^{cA}$	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,6 \pm 0,1^{deA}$
Km	$5,7 \pm 0,2^{aA}$	$5,9 \pm 0,1^{deB}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,7 \pm 0,1^{cA}$	$5,8 \pm 0,0^{B}$	$5,7 \pm 0,1^{deA}$
Ks	$5,9 \pm 0,1^{bB}$	$5,6 \pm 0,1^{bA}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,6 \pm 0,1^{bcA}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,6 \pm 0,2^{deA}$
Kms	$5,7 \pm 0,1^{aB}$	$5,0 \pm 0,1^{aA}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,1 \pm 0,1^{aA}$	$5,8 \pm 0,0^{B}$	$5,6 \pm 0,0^{dA}$
Kc	$5,8 \pm 0,1^{ab}$	$5,7 \pm 0,3^{cd}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,9 \pm 0,0^{dA}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,5 \pm 0,0^{cdA}$
Zb	$5,7 \pm 0,1^{a}$	$5,7 \pm 0,1^{bc}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,6 \pm 0,1^{bcA}$	$5,8 \pm 0,1^{B}$	$5,5 \pm 0,1^{bcA}$
Zm	$5,7 \pm 0,2^{a}$	$5,6 \pm 0,2^{bc}$	$5,9 \pm 0,1^{B}$	$5,5 \pm 0,2^{bA}$	$5,8 \pm 0,0^{B}$	$5,4 \pm 0,1^{bcA}$
Zs	$5,9 \pm 0,1^{bB}$	$5,5 \pm 0,2^{bA}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$4,5 \pm 0,2^{aA}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,2 \pm 0,05^{aA}$
Zms	$5,7 \pm 0,1^{aA}$	$6,0 \pm 0,1^{eB}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,6 \pm 0,1^{bcA}$	$5,8 \pm 0,0^{B}$	$5,4 \pm 0,0^{bcA}$
Zc	$5,8 \pm 0,1^{ab}$	$5,8 \pm 0,1^{de}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,6 \pm 0,1^{bcA}$	$5,9 \pm 0,0^{B}$	$5,7 \pm 0,1^{deA}$

Objaśnienia jak w tab. 1 i tab. 2. / Explanations as in Tab. 1 and Tab. 2.; n = 9

Po doświadczalnym okresie przechowywania w obu grupach eksperymentalnych, zróżnicowanych pod względem rodzaju substancji zastosowanych w celu chłonięcia wody na powierzchni wędzonek, szczególnie wysoką smakowitością odznaczały się wędliny pokryte cystatyną.

Po 42-dobowym przechowywaniu polędwic zapakowanych bezpośrednio po zakończonej obróbce cieplnej, chłodzonych szokowo, wykazano tendencję do wyższej

ogólnej oceny sensorycznej ww. wędlin w porównaniu z produktami pakowanymi po wychłodzeniu (tab. 5). Najwyższą ogólną oceną sensoryczną w grupie produktów pokrytych karagenem charakteryzowały się polędwice zawierające w powłoce bakteriostatycznej mleczan sodu. Natomiast wśród wędzonek zabezpieczonych warstwą żelatyny za najlepsze uznano produkty, których komponentem bakteriostatycznym była cystatyna. W innych badaniach własnych, w których, w celu zwiększenia trwałości, powierzchnię polędwic sopockich powleczono sorbinianem potasu, mleczanem sodu lub kwasem mlekowym, nie stwierdzono wpływu ww. substancji bakteriostatycznych na ogólną ocenę sensoryczną przetworów [33].

T a b e l a 6

Ogólna liczba drobnoustrojów w polędwicach sopockich [jtk/g].
Total plate count Sopocka Tenderloins [cfu/g].

Grupy doświadczalne Experimental groups	Ogólna liczba drobnoustrojów / Total plate count	
	Okres przechowywania [doby] Storage period [days]	
	0	42
KZ	$2,7 \pm 0,0^{bA}$	$30,0 \pm 0,0^{cB}$
KC	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$9,5 \pm 0,0^{bB}$
Kb	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$50,0 \pm 0,0^{cdB}$
Km	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$13,5 \pm 0,0^{bcB}$
Ks	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$35,0 \pm 0,0^{cB}$
Kms	$0,0 \pm 0,0^{a}$	$0,0 \pm 0,0^{a}$
Kc	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$14,0 \pm 0,0^{bcB}$
Zb	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$34,0 \pm 0,0^{cB}$
Zm	$3,7 \pm 0,0^{bA}$	$50,0 \pm 0,0^{cdB}$
Zs	$3,0 \pm 0,0^{bA}$	$95,0 \pm 0,0^{eB}$
Zms	$0,0\pm 0,0^{aA}$	$90,0 \pm 0,1^{eB}$
Zc	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$7,5 \pm 0,0^{bB}$

Objaśnienia jak w tab. 1 i tab. 2. / Explanations as in Tab. 1 and Tab. 2.; n = 9.

Doświadczalne polędwice cechowała bardzo dobra jakość mikrobiologiczna. Zanieczyszczenie mikrobiologiczne było znacznie mniejsze aniżeli obserwowano w innych badaniach własnych w podobnym asortymencie przetworów [29]. W wędzonkach kontrolnych tradycyjnie chłodzonych (KZ) ogólna liczba drobnoustrojów wynosiła 2,7 jtk/g (tab. 6), natomiast w produktach pakowanych w stanie gorącym (KC), po 12 h przechowywania w ogóle nie stwierdzono obecności mikroorganizmów. Również po-

zostałe wędliny eksperymentalne charakteryzowała bardzo wysoka jakość mikrobiologiczna. Wśród polędwic nieprzechowywanych, zapakowanych próżniowo w stanie gorącym, po 12 h wychładzania, jedynie w próbach stanowiących odniesienie do wędlin składowanych grupy Zm i Zs, stwierdzono obecność mikroorganizmów, odpowiednio na poziomie: 3,7 i 3,0 jtk/g. W przetworach doświadczalnych, po 42 dobach ich przechowywania w temp. bliskiej krioskopowej, obserwowano wzrost zanieczyszczenia mikrobiologicznego. Jednak w próbach umieszczonych w opakowaniach w stanie gorącym (KC) było ono trzykrotnie niższe aniżeli w wyrobach zapakowanych po wychłodzeniu (KZ). Produkty zawierające powłokę żelatynową wykazywały tendencję do nieznacznie większego zanieczyszczenia mikrobiologicznego w porównaniu z wędzonkami pokrytymi karagenem. Prawdopodobnie przyczyniła się do tego stwierdzona wyższa zdolność chłonięcia wilgoci przez karagen, w porównaniu z żelatyną, co mogło skutkować niższą aktywnością wody na powierzchni pokrytych nimi wędzonek. Wśród polędwic z naniesionym na ich powierzchnię karagenem, zawierających jako substancję bakteriostatyczną mieszaninę mleczanu sodu i sorbinianu potasu po 42 dobach przechowywania w ogóle nie stwierdzono mikroorganizmów. Natomiast w grupie przetworów pokrytych żelatyną, polędwice zawierające jako substancję bakteriostatyczną cystatynę odznaczały się najmniejszym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym.

Znamienne było, że bez względu na zastosowane warunki eksperymentu, w doświadczalnych przetworach, zarówno nieprzechowywanych, jak również przechowywanych, nie stwierdzono obecności bakterii z grupy coli, pałeczek z rodzaju *Salmonella* oraz pleśni i drożdży.

Na wysoką jakość mikrobiologiczną wędlin pakowanych w stanie gorącym mogło mieć wpływ wiele czynników. Jednak najistotniejszym było najprawdopodobniej wyeliminowanie możliwości wtórnego zanieczyszczenia mikrobiologicznego, które niewątpliwie ma miejsce w trakcie tradycyjnie stosowanego poprodukcyjnego, powolnego wychładzania niezapakowanych wędzonek. Nie bez znaczenia było także dodatkowe traktowanie temp. 98 ºC powierzchni polędwic zapakowanych w stanie gorącym podczas obkurczania na nich woreczków termokurczliwych.

Wnioski

1. Pakowanie polędwic sopockich w stanie niewychłodzonym w folię termokurczliwą połączone z intensywnym wychładzaniem miało korzystny wpływ na redukcję azotanów(III) podczas ich przechowywania.
2. Zastosowanie pakowania polędwic sopockich bezpośrednio po zakończeniu procesu produkcyjnego i szokowe wychładzanie nie pogarszało wyróżników sensorycznych przetworów.
3. Odnotowano korzystny wpływ pakowania polędwic sopockich bezpośrednio po zakończonej obróbce cieplnej na ograniczenie ich zanieczyszczenia mikrobiolo-

gicznego podczas przechowywania. Również zastosowanie na powierzchni wyrobów powłoki karagenowej w połączeniu z mieszaniną mleczanu sodu i sorbinianu potasu sprzyjało zachowaniu jałowości przechowywanych przetworów. Natomiast w przypadku produktów pokrytych powłoką żelatynową dobre efekty bakteriostatyczne uzyskano dzięki zastosowanie cystatyny.

Badania wykonano w ramach projektu nr POIG.01.03.01-00-133/08- pt. „Innowacyjne technologie produkcji biopreparatów na bazie nowej generacji jaj (OVOCURA)”.

Literatura

[1] Aymerich A., Picouet P.A., Monfort J.M.: Decontamination technologies for meat products. Meat Sci., 2008, **78**, 114-129.
[2] Bogardi J., Kuzelka R.D., Ennenga W.G.: Nitrate contamination. Exposure, Consequences and Control. Springer Verlag. Berlin 1991.
[3] Coma V.: Perspectives for the active packaging of meat products. In L.M.L. Nollet & Toldrá (Eds.): Advanced Technologies for meat processing. Boca Raton: Taylor & Francis, 2008, pp. 452-469.
[4] Cooksey K.: Antimicrobial food packaging materials. Additives for Polymer, 2001, **8**, 6-10.
[5] Deierling H., Hemmrich U., Groth N., Taschan H.: Nitrosamine in Lebensmitteln. Lebensmittelchemie, 1997, **51**, 53-61.
[6] Dordevic V., Vukksan B., Radetić P., Durdica H., Mitković M.: Prilog ispitivanju pojedinih faktora na promene sadrzaja nitrita u mesu. Technologija mesa, 1980, **10**, 287-290.
[7] Franssen L.R., Krochta J.M.: Edible coatings containing natural antimicrobials for processed foods. In S. Roller (Ed.), Natural antimicrobials for the minimal processing of foods. Cambridge: Wood head Publishing, 2003, pp. 250-262.
[8] Gibson A.M., Roberts T.A., Robinson A.: Factors controlling the growth of *Clostridium botulinum* types A and B in pasteurized cured meats. VI. Nitrite monitoring during storage of pasteurized pork slurries. J. Food Technol, 1984, **19**, 29-44.
[9] Górecka J., Szmańko T., Koniarek M., Zabrzewska K.: Stability of some essentials elements wild boar, stored at near cryoscopic temperature. Nutraceutics, biomedical remedies and physiotherapeutic methods for prevention of civilization-related diseases. Biomed. Eng. Acta, 2011, **4**, 309-318.
[10] Han J.H., Flores J.D.: Active packaging: A non-thermal process. In G. Tewari & V.K. Juneja (Eds.). Advances in thermal and non-thermal food preservation. Carlton: Blackwell Publishing, 2007, pp. 167-185.
[11] Joerger R.D.: Antimicrobial films for food applications: A quantitative analysis of their effectiveness. Packing Technology Sci., 2007, **20**, 231- 273.
[12] Kerry J.P., O`Grady M.N., Hogan S.A.: Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products. Meat Sci., 2006, **74**, 113-130.
[13] Kuchroo C.N., Rahilly J., Fox P.F.: Assessment of proteolysis in cheese by reaction with trinitrobenzenesulphonic acid. Ir. J. Food Sci. Technol. 1983, **7**, 129-133.
[14] Lee K.T.: Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. Meat Sci., 2010, **86**, 138-150.

[15] Obiedziński M.: Atrybuty jakości i bezpieczeństwa produktów mięsnych. Analiza ryzyka – rola programów badawczych, monitorowanie parametrów jakości żywności. Rocz. Inst. Przem. Mięs. Tłuszcz., 2011, **XXXIII**, 83-91.
[16] PN 74/A-82114:1974. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości azotynów i azotanów.
[17] PN-ISO 6658:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Wytyczne ogólne.
[18] PN-A-82055-10;1997. Wykrywanie obecności i oznaczenie najbardziej prawdopodobnej liczby bakterii z grupy coli.
[19] PN-A-82055-16:1994. Oznaczenie liczby drożdży i pleśni.
[20] PN-A-82055-6:1994. Oznaczenie ogólnej liczby drobnoustrojów.
[21] PN-A-82055-8:1994. Wykrywanie obecności pałeczek z rodzaju *Salmonella.*
[22] PN-ISO 6391:2000. Oznaczenie liczby *Escherichia coli.*
[23] Rywotycki R.: Potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa żywności w łańcuchu produkcji wyrobów mięsnych na przykładzie nitrozoamin. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozp., 2004, **496**, CCXXII, 1-63.
[24] Quintavalla S., Vicini L.: Antimicrobial food packaging in meat industry. Meat Sci. 2002, **62**, 373-380.
[25] Szmańko T.: Ocena efektywności przechowywania wędzonek w temperaturze bliskiej krioskopowej oraz w stanie zamrożonym (badania modelowe). Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozp., 1998, **334**, CLIV, 1-124.
[26] Szmańko T.: Zgłoszenie patentowe. Sposób zwiększenia trwałości wędzonek. Urząd Patentowy RP. P-39424, 17. 03. 2010.
[27] Szmańko T., Dorobisz A., Szczepański: Struktura i wybrane właściwości fizykochemiczne wędzonek z mięsa wołowego przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2003, **1**, 59-71.
[28] Szmańko T., Duda Z., Szczepański J.: Wpływ przechowywania wędzonek w temperaturze bliskiej krioskopowej i w stanie zamrożonym na ich jakość sensoryczną. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2004, **1 (38)**, 105-119.
[29] Szmańko T., Duda Z., Szczepański J., Dworecka E.: Zmiany przechowalnicze tłuszczu oraz zanieczyszczenie mikrobiologiczne wędzonek w zależności od warunków przechowywania. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2004, **2 (39**), 46-58.
[30] Szmańko T., Górecka J., Nowakowska A.: Właściwości fizykochemiczne wędlin homogenizowanych, przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej (badania modelowe). Prace Naukowe UE we Wrocławiu, Nauki Inżynierskie i Technologie, 2011, **3**, 185-200.
[31] Szmańko T., Malicki A., Cichoń A., Brużewicz S., Dworecka E.: Quality of sopocka pork loin wrapped directly post thermal treatment or after chilling and stored at near cryoscopic temperature. Pol. J. Food. Nutr. Sci. 2005, **14/55**, 111-116.
[32] Szmańko T., Malicki A., Nawrat A., Brużewicz S., Dworecka E.: Shelf-life of homogenized sausage depends on the moment it was placed at near cryoscopic temperature. EJPAU, Veterinary Medicine, 2006, **9 (1**), 1-10.
[33] Szmańko T., Malicki A., Nowara M., Brużewicz S., Dworecka E.: Ocena trwałości wędzonek powierzchniowo traktowanych substancjami bakteriostatycznymi, przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej. Acta Sci. Pol. Medicina Veterinaria, 2006, **6**, 11-24.
[34] Szmańko T., Wasilewska B., Dzieszuk W.: Wpływ warunków obróbki cieplnej oraz przechowywania na strukturę polędwicy sopockiej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2003, **2**, 57-70.

CHOSEN QUALITY FACTORS OF SOPOCKA TENDERLOINS PACKAGED UNCHILLED (MODEL RESEARCH)

S u m m a r y

In order to increase their shelf life, cured meat elements to be use for the production of Sopocka Tenderloins were coated with bacteriostatic substances: sodium lactate, potassium sorbate, mixture of sodium lactate and potassium sorbate, cystatin, and carrageenan or gelatine. After the heat treatment completed, the hot smoked meat products were vacuum packed in a heat-shrink wrap, shock-cooled at 0 °C, and stored at a near cryoscopic temperature (-3 °C) for 42 days. Based on the tests performed, it was found that packaging hot smoked meat products directly upon the completion of the production process, as well as subsequent shock-cooling and storing them at a near cryoscopic temperature had a beneficial effect on their quality.

Key words: smoked meat products, bacteriostatic coatings, packaged unchilled, cryscopic storing, qualitative parameters

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 80 – 89

JOANNA MIAZEK, JAN MROCZEK

WPŁYW DODATKU PREPARATU GEL-FAT I CZASU STERYLIZACJI NA WŁAŚCIWOŚCI MODELOWEJ KONSERWY MIĘSNEJ

S t r e s z c z e n i e

Badano wpływ dodatku preparatu Gel-fat oraz czasu sterylizacji na właściwości modelowej konserwy mięsnej. Przygotowano trzy warianty farszów ze zróżnicowaną wielkością dodatku preparatu Gel-fat (0, 0,5 i 1,0 %), a konserwy poddano następnie sterylizacji (120 ºC w ciągu 30 oraz 40 min). W konserwach po sterylizacji i wychłodzeniu oznaczono: wyciek termiczny, parametry barwy L*, a*, b*, maksymalną siłę penetracji, podstawowy skład chemiczny oraz pH.

Stwierdzono, że wydłużenie czasu sterylizacji wpłynęło istotnie na wzrost ilości wycieku termicznego (o ok. 4 %) oraz na zmniejszenie siły penetracji badanych bloków konserw (o ok. 1,5 N). Dodatek preparatu Gel-fat nie wpłynął na wielkość wycieku termicznego, lecz na zwiększenie twardości bloku konserw (o ok. 3 N). Nie zaobserwowano zmian parametrów barwy L* i a* pod wpływem tego czynnika, nastąpił natomiast wzrost parametru barwy b* (o ok. 1 jednostkę). Podstawowy skład chemiczny i pH pozostały na niezmienionym poziomie.

Słowa kluczowe: konserwa mięsna, preparat Gel-fat, sterylizacja, wyciek termiczny, cechy reologiczne

Wprowadzenie

Tłuszcze odgrywają niekorzystną rolę w wielu przewlekłych schorzeniach, takich jak: otyłość, miażdżyca, choroby wieńcowe serca, nadciśnienie tętnicze, cukrzyca i nowotwory [17]. W związku z tym obserwuje się coraz większy popyt na przetwory mięsne, w składzie których znacząco zmniejszono lub wręcz wyeliminowano z receptury żywieniowy nośnik energii, jakim jest tłuszcz, zwłaszcza pochodzenia zwierzęcego [2, 11, 17].

W produkcji mięsa i jego przetworów tłuszcz jest źródłem związków decydujących o smakowitości produktu, w kiełbasach drobno rozdrobnionych decyduje dodatkowo o stabilności emulsji [7]. Tkanka tłuszczowa będąca jednym z podstawowych

Mgr inż. J. Miazek, prof. dr hab. J. Mroczek, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

składników farszów w znacznym stopniu wpływa na cechy sensoryczne, gdyż wnosi do produktu cechy pożądanej tekstury, smakowitości i soczystości [8, 9, 19].

Znaczne zmniejszenie zawartości tłuszczu powoduje, że produkt staje się „pusty" smakowo, a jego tekstura jest bardziej sztywna, gumowata i mączysta. Jednocześnie stwierdza się większy wyciek podczas obróbki termicznej oraz zmniejsza się wydajność produktu [14, 15, 18]. Udział tłuszczu w kształtowaniu reologicznych właściwości zależy od stanu i jakości mięsa, stosunku komponentów tłuszczowych do białkowych, ilości dodanej wody, warunków rozdrabniania surowca, kolejności dawkowania komponentów do kutra, temperatury rozdrabniania surowców, czasu trwania procesu kutrowania oraz obecności substancji wspomagających wytwarzanie emulsji. Wpływ udziału tłuszczu na kształtowanie właściwości reologicznych farszu i gotowego produktu w dużym stopniu zależy od budowy łańcucha kwasów tłuszczowych. Soczystość wyrobu zależy z kolei od równomierności rozprowadzenia tłuszczu, co jest związane z otwarciem struktury tkanki tłuszczowej w czasie procesów rozdrabiania [9, 20].

Charakterystyczna smakowitość mięsa w znacznej mierze jest kształtowana podczas obróbki termicznej, podczas której pomiędzy poszczególnymi składnikami (m.in. tkanki mięśniowej i tłuszczowej) przebiega wiele reakcji chemicznych. W wyniku rozkładu związków lipidowych powstaje nawet kilkaset lotnych związków smakowo-zapachowych, których całkowita zawartość oraz wzajemne proporcje odpowiadają za różnice w smakowitości mięsa i przetworów mięsnych poddawanych ogrzewaniu. Chociaż jednoznacznie nie potwierdzono istnienia osobnego mechanizmu odpowiadającego za odbieranie smaku tłustego, to badania przeprowadzone z zakresu żywienia, analizy sensorycznej, neurobiologii i biologii molekularnej wskazują, że człowiek posiada specyficzny system sensoryczny służący do identyfikacji smakowitości typowej dla lipidów [4, 10].

Aby spełnić podstawowe oczekiwania konsumenta wobec żywności, czyli zapewnić jej bezpieczeństwo, wygodę oraz odpowiednią jakość sensoryczną i żywieniową, szczególne znaczenie ma racjonalne zastosowanie różnorodnych substancji dodatkowych. Ich wprowadzenie do żywności powinno być jednak uzasadnione potrzebami technologicznymi [3, 26, 27].

Tłuszcze zawarte w farszu mięsnym, dodane nawet w niewielkich ilościach, ulegają topnieniu i wypływają, tworząc otoczkę w konserwach czy pieczonych pasztetach. Funkcją preparatu Gel-fat, zgodnie z deklaracją producenta, jest zwiększenie odporności tłuszczu na wytapianie podczas obróbki termicznej oraz utrzymywanie stałej i twardej konsystencji tłuszczu, niezależnie od warunków tej obróbki i ewentualnego ponownego ogrzewania. Jednocześnie preparat ten nie powinien wpływać na smakowitość tłuszczu. Ze względu na deklarowane właściwości preparat Gel-fat mógłby znaleźć zastosowanie do produkcji kiełbas grillowych, salami (wyprodukowanego z dodatkiem tłuszczów miękkich), jako zamiennik słoniny do produkcji pasztetów

francuskich, jako surowiec do produkcji konserw sterylizowanych, pasteryzowanych czy też dań w słoikach bez otoczki tłuszczowej. Ponadto umożliwiałby zastosowanie tłuszczów roślinnych jako zamienników tłuszczów zwierzęcych (twardych). Takie zastosowanie stwarzałoby możliwość projektowania nowych produktów dietetycznych [21].

Celem podjętych badań było określenie wpływu wielkości dodatku preparatu Gel-fat oraz wydłużenia czasu sterylizacji na właściwości modelowej konserwy mięsnej.

Materiał i metody badań

Przedmiot badań stanowiły modelowe konserwy mięsne ze zróżnicowaną wielkością dodatku preparatu Gel-fat, poddane obróbce cieplnej o zróżnicowanych parametrach.

Surowcem do produkcji farszów były: świeże mięso z ud kurcząt, bez skóry i kości (pochodzące z Zakładów Drobiarsko-Mięsnych „SuperDrob" S.A. w Karczewie) oraz świeża słonina bez skóry (pochodząca z Zakładu Mięsnego „Górny" Sp. j. w Antonowie), rozdrobnione w wilku laboratoryjnym (Ø 3 mm). Sporządzano farsze o stałym udziale mięsa z ud kurcząt (85 %) i słoniny (15 %). Do surowców mięsno-tłuszczowych dodawano mieszankę peklującą (2 %), kwas askorbinowy (0,05 %), wodę (18 %) oraz preparat Gel-fat firmy Libra Polska Sp. z o.o. Zgodnie z informacją zawartą na etykiecie, skład preparatu był następujący: substancja zagęszczająca: E 401 (alginian sodu), E 461 (metyloceluloza) i skrobia modyfikowana E 1420. Kolejność wykonywanych czynności za każdym razem była taka sama i obejmowała: odważenie odpowiedniej ilości surowców mięsno-tłuszczowych, wody oraz dodatków funkcjonalnych. Następnie całość mieszano przez 5 min w mieszarce firmy Kenwood. Otrzymany farsz wkładano do plastikowych pojemników z pokrywką i odstawiano do chłodni (temp. 4 - 6 °C) na 24 h w celu odpowiedniego zapeklowania. Po tym czasie puszki o pojemności ok. 200 g napełniano farszem, zamykano je i sterylizowano w autoklawie. Ostatnim etapem produkcji konserw było ich wychładzanie przez 24 h.

Wykonano 3 serie badań, w ramach których sporządzono po 3 warianty farszów: bez dodatku preparatu Gel-fat (próbki kontrolne) oraz z 0,5-procentowym i z 1-procentowym jego dodatkiem. W ramach każdego wariantu część puszek sterylizowano w temp. 120 °C przez 30 min, a drugą część w temp. 120 °C przez 40 min.

Po wychłodzeniu konserw oznaczano w nich: ilość wycieku termicznego, podstawowy skład chemiczny (zawartość wody [22], białka [25] i tłuszczu [23]) oraz dokonywano pomiarów maksymalnej siły penetracji – przy użyciu maszyny wytrzymałościowej ZWICKI, typ 1120 (płasko ścięty trzpień cylindryczny o średnicy 13 mm, zagłębiany na głębokość 10 mm), barwy – metodą odbiciową (L*, a*, b*) przy użyciu aparatu Minolta CR 200 oraz pH [24]. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej

w programie Statgraphics Plus 4.1. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji – One Way Anova i test Tukeya na poziomie istotności p = 0,05.

Wyniki i dyskusja

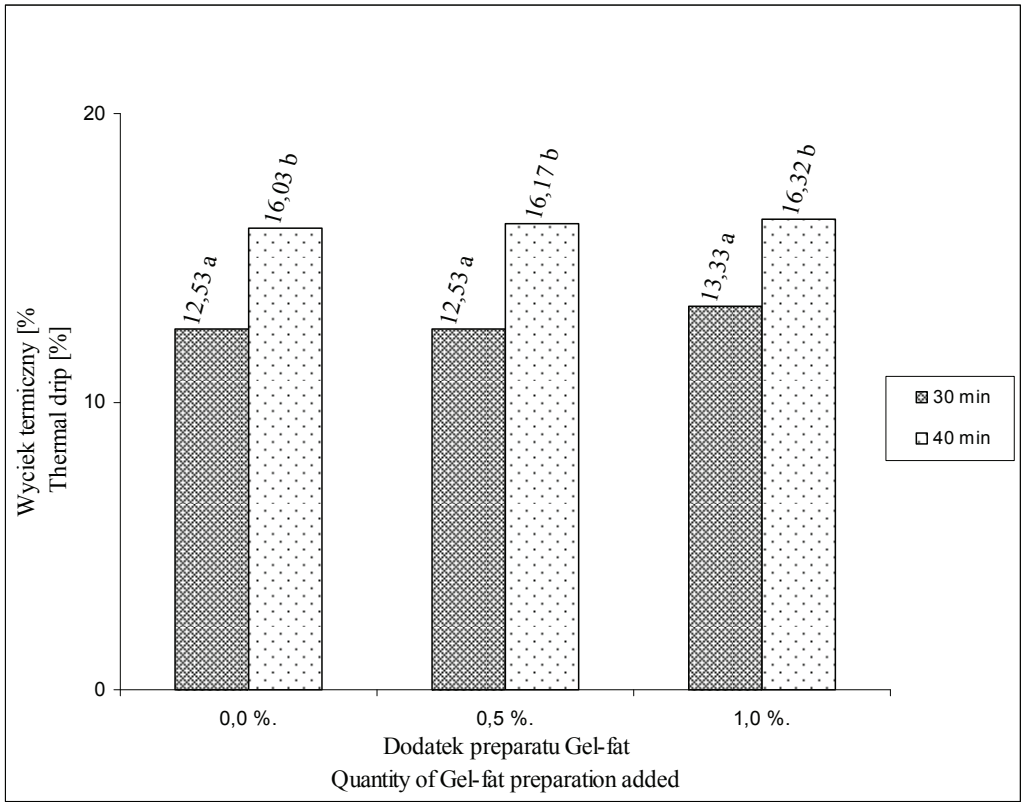
Nie stwierdzono istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu wielkości dodatku preparatu Gel-fat na ilość wycieku termicznego w konserwach, niezależnie od czasu sterylizacji. Stwierdzono natomiast, że wydłużenie czasu sterylizacji z 30 do 40 min istotnie ($p \leq 0,05$) wpłynęło na zwiększenie ilości wycieku termicznego, o ok. 4 % (rys. 1). Mniejszą ilość wycieku termicznego (12,53 – 13,33 %) zaobserwowano w konserwach o krótszym czasie sterylizacji, tj. ogrzewanych 30 min, większą natomiast (16,03 – 16,30 %) w konserwach o wydłużonym czasie sterylizacji (40 min), szczególnie z 1-procentowym dodatkiem preparatu Gel-fat.

Jednym ze wskaźników jakości technologicznej farszów mięsnych jest ilość wycieku po obróbce termicznej, która zależy przede wszystkim od parametrów prowadzenia obróbki termicznej, tj. od temperatury i czasu jej działania a także od zawartości białek mięśniowych, pH i wodochłonności mięsa [12].

Straty masy, które powstają w trakcie ogrzewania, są sumą nie tylko ubytków wody, lecz także części rozpuszczalnych: białek, tłuszczu, a nawet substancji mineralnych. Wielkość tych strat zależy od takich czynników, jak: gatunek i wiek zwierzęcia, rodzaj mięśni, stopień otłuszczenia, wcześniejsze postępowanie z surowcem (np. chłodzenie, mrożenie), jak również od parametrów i zastosowanej metody ogrzewania [16]. Zarówno wydłużenie czasu, jak i zwiększenie intensywności obróbki termicznej powoduje zwiększenie ilości wycieku termicznego [1, 6, 13, 16].

Ilość wycieku cieplnego zależy w głównej mierze od stopnia kontrakcji cieplnej mięsa, proporcjonalnej do temperatury i czasu trwania ogrzewania, a odwrotnie proporcjonalnej do stopnia zniszczenia struktury histologicznej tkanki mięśniowej. Wyciek termiczny jest efektem skurczu wywołanego cieplną denaturacją białek, co z kolei jest wynikiem powstawania sił, które wyciskają wodę hydratacyjną z tkanki mięśniowej. Ubytki te są bardzo niepożądane ze względu na zmniejszenie soczystości gotowego produktu oraz na straty ekonomiczne [1].

Po przeanalizowaniu wpływu badanych czynników na parametry barwy w skali CIE L*a*b* stwierdzono, że średnie wartości tych parametrów kształtowały się na podobnym poziomie we wszystkich badanych wariantach konserw. Dodatek preparatu Gel-fat spowodował wzrost tylko parametru barwy b* konserw. Potwierdzono statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) wpływ dodatku preparatu na udział barwy żółtej bloków konserw (tab. 1).



Objaśnienia: / Explanatory notes:
a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności $p \leq 0,05$ / mean values denoted by various letters differ statistically significantly at significance level of $p \leq 0.05$.

Rys. 1. Wpływ dodatku preparatu Gel-fat oraz czasu sterylizacji na ilość wycieku termicznego w modelowych konserwach mięsnych.
Fig. 1. The effect of Gel-fat additive and time of sterilization on thermal drip of model canned meat product.

Podczas opracowywania wyników posłużono się dodatkowo kryterium przyjętym przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową, według którego sklasyfikowane są bezwzględne różnice barw ΔE, adekwatnie do postrzegania barw przez człowieka. Przyjmuje się, że bezwzględne różnice barw pomiędzy 0 i 2 są nierozpoznawalne przez zmysł wzrokowy człowieka, od 2 do 3,5 rozpoznawalne przez niedoświadczonego obserwatora, natomiast powyżej 3,5 obserwuje się już wyraźną różnicę barwy [5].

T a b e l a 1

Parametry barwy (L*, a*, b*) modelowych konserw mięsnych.
Colour parameters (L*, a*, b*) of model canned meat product.

Parametry sterylizacji Sterilization parameters	Seria Series	L*			a*			b*		
		Wielkość dodatku preparatu Gel-fat [%] Quantity of Gel-fat preparation added [%]								
		0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1
120 °C, 30 min	$\bar{x}$	69,34 [a]	70,51 [a]	69,59 [a]	9,23 [a]	9,13 [a]	8,64 [a]	5,58 [a]	6,22 [b]	6,71 [b]
	± s / SD	0,94	0,65	0,45	0,42	0,32	0,29	0,25	0,15	0,39
120 °C, 40 min	$\bar{x}$	69,98 [a]	69,33 [a]	69,93 [a]	8,83 [a]	9,01 [a]	9,16 [a]	5,59 [a]	6,49 [b]	6,85 [b]
	± s / SD	0,35	0,45	0,61	0,06	0,14	0,25	0,14	0,28	0,30

Objaśnienia: / Explanatory notes:
a, b – wartości średnie ($\bar{x}$) oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $p \leq 0,05$ / mean values denoted by various letters differ statistically significantly at significance level of $p \leq 0.05$; s - odchylenie standardowe / SD – standard deviation; n = 3.

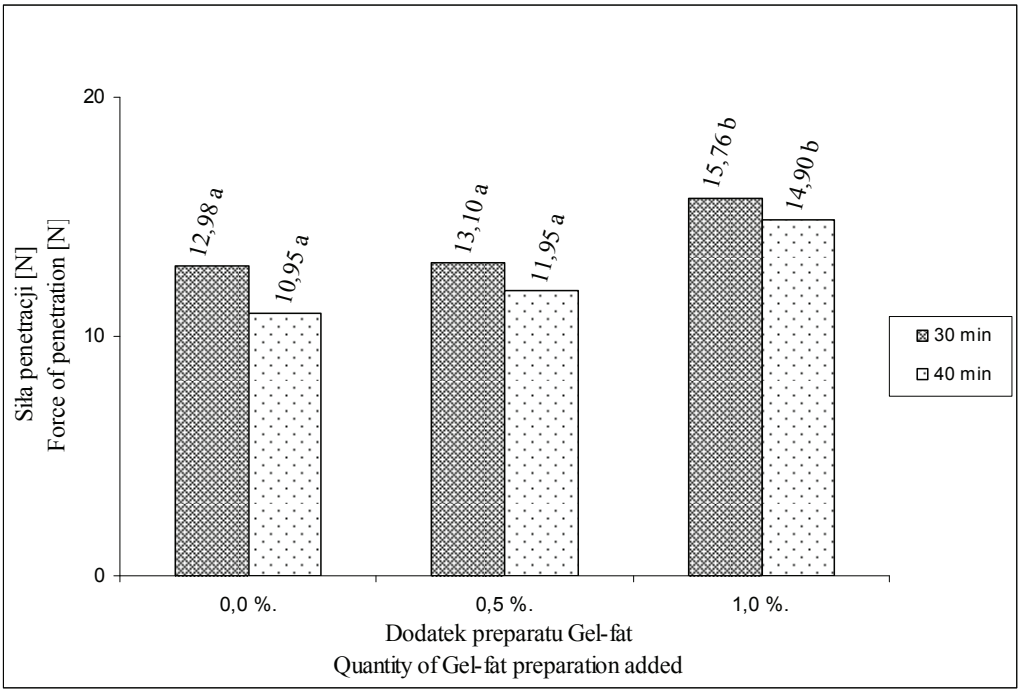
Bezwzględną różnicę barwy pomiędzy poszczególnymi wariantami konserw obliczano z równania [5]:

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2}$$

gdzie:
ΔE – bezwzględna różnica barw,
L^*_1, a^*_1, b^*_1 – parametry barwy jednego z wariantów,
L^*_2, a^*_2, b^*_2 – parametry barwy drugiego z wariantów.

Na podstawie tego kryterium porównano wszystkie warianty na zasadzie „każdy z każdym" i w żadnym z rozpatrywanych przypadków nie uzyskano $\Delta E \geq 2$, czyli nie stwierdzono różnic dostrzegalnych przez zmysł wzroku niedoświadczonego obserwatora.

Wraz ze zwiększaniem się wielkości dodatku preparatu Gel-fat wzrastała twardość badanych bloków konserw (rys. 2) – od 12,98 do 15,76 N w przypadku konserw sterylizowanych 30 min oraz od 10,95 do 14,90 N w przypadku konserw o wydłużonym czasie sterylizacji (40 min). Wydłużenie czasu sterylizacji spowodowało natomiast istotne ($p \leq 0,05$) obniżenie wartości maksymalnej siły penetracji średnio o ok. 1,5 N. Weryfikacja testem Tukeya wykazała, że jedynie konserwy z 1-procentowym dodatkiem preparatu Gel-fat charakteryzowały się istotnie ($p \leq 0,05$) wyższą wartością maksymalnej siły penetracji w porównaniu z pozostałymi wariantami, w obu czasach sterylizacji.



Objaśnienia: / Explanatory notes:
a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności $p \leq 0,05$ / mean values denoted by various letters differ statistically significantly at significance level of $p \leq 0.05$.

Rys. 2. Wpływ dodatku preparatu Gel-fat oraz czasu sterylizacji na siłę penetracji bloków modelowych konserw mięsnych.
Fig. 2. Effect of Gel-fat additive and time of sterilization on force of penetration of model canned meat products.

Nie stwierdzono istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu dodatku preparatu Gel-fat oraz wydłużenia czasu sterylizacji na podstawowy skład chemiczny modelowych konserw mięsnych (tab. 2).

Średnia zawartość wody w badanych konserwach mieściła się w przedziale 62,00 - 63,76 %. Nie stwierdzono istotnych ($p \leq 0,05$) różnic pod względem zawartości wody pomiędzy poszczególnymi wariantami konserw.

Średnia zawartość białka w poszczególnych wariantach konserw kształtowała się na poziomie 13,87 - 15,17 % (tab. 2). Zaobserwowano niewielki wzrost zawartości białka skorelowany ze wzrostem dodatku preparatu, lecz różnice te nie były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). Istotnie wyższą zawartością tego składnika charakteryzowały się natomiast konserwy o wydłużonym czasie sterylizacji – 40 min (14,53 - 15,17 %),

w porównaniu z konserwami ogrzewanymi 30 min (13,87 - 14,61 %) (tab. 2), co zapewne wynikało z większej ilości wycieku termicznego.

Średnia zawartość tłuszczu w konserwach mieściła się w przedziale 17,91 - 19,25 % (tab. 2). Zgodnie z deklaracją producenta, wraz ze wzrostem dodatku preparatu Gel-fat spodziewano się wzrostu zawartości tłuszczu w bloku konserwy, co miało być wynikiem zwiększenia odporności tłuszczu na wytapianie podczas obróbki termicznej. Wbrew oczekiwaniom, konserwy z 1-procentowym dodatkiem preparatu Gel-fat charakteryzowały się mniejszą zawartością tłuszczu, nieznacznie większą natomiast konserwy kontrolne oraz z 0,5-procentowym dodatkiem tego preparatu. Różnice nie były jednak statystycznie istotne ($p \leq 0,05$).

T a b e l a 2

Podstawowy skład chemiczny modelowych konserw mięsnych.
Basic chemical composition of model canned meat product.

Parametry sterylizacji Sterilization parameters	Seria Series	Zawartość białka Protein content (%)			Zawartość wody Water content (%)			Zawartość tłuszczu Fat content (%)		
		Wielkość dodatku preparatu Gel-fat Quantity of Gel-fat preparation added (%)								
		0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1
120° C, 30 min	$\bar{x}$	13,87[a]	14,30[a]	14,61[a]	63,76[a]	63,50[a]	63,08[a]	19,25[a]	19,25[a]	18,21[a]
	± s / SD	0,36	0,70	0,11	1,13	2,22	0,36	0,80	0,37	0,10
120 °C, 40 min	$\bar{x}$	14,53[a]	14,61[a]	15,17[a]	63,00[a]	62,97[a]	62,00[a]	19,21[a]	18,75[a]	17,91[a]
	± s / SD	0,84	0,46	0,68	1,57	1,30	0,36	0,81	0,36	0,36

Objaśnienia: / Explanatory notes:
a, b – wartości średnie ($\bar{x}$) poszczególnych składników oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $p \leq 0,05$ / mean values ($\bar{x}$) of individual components denoted by various letters differ statistically significantly at significance level of $p \leq 0.05$; s - odchylenie standardowe / SD – standard deviation; n = 3.

Średnie wartości pH bloków konserw mieściły się w przedziale 6,36 - 6,47. Nie zaobserwowano żadnych tendencji wskazujących na wpływ preparatu Gel-fat czy parametrów sterylizacji na wartość pH.

Wnioski

1. Wydłużenie czasu sterylizacji z 30 do 40 minut wpłynęło istotnie na zwiększenie ilości wycieku termicznego (wzrost o ok. 4 punkty procentowe), co spowodowało jednocześnie niewielki wzrost zawartości białka i zmniejszenie zawartości wody. Nie stwierdzono statystycznie istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu wielkości dodatku pre-

paratu Gel-fat na ilość wycieku termicznego w konserwach, niezależnie od czasu sterylizacji.

2. Dodatek preparatu Gel-fat tylko w ilości 1 % istotnie wpłynął na zwiększenie siły penetracji konserw. Natomiast wydłużenie czasu ogrzewania wpłynęło istotnie na obniżenie siły penetracji konserw.
3. Nie stwierdzono statystycznie istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu dodatku preparatu Gel-fat ani wydłużenia czasu sterylizacji na parametry barwy L*, a*. Na podstawie analizy statystycznej wykazano istotny wpływ dodatku preparatu jedynie na wzrost udziału barwy żółtej bloków konserw.
4. Dodatek preparatu Gel-fat w ilości do 1 % nie wpływa istotnie ($p \leq 0,05$) na podstawowy skład chemiczny modelowych konserw mięsnych.
5. W zastosowanym układzie doświadczalnym nie wykazano deklarowanego przez producenta ograniczania ilości wycieku termicznego, w związku z tym celowość stosowania tego preparatu w praktyce może być dyskusyjna.

Literatura

[1] Adamczak L., Szczeblewska A.: Wpływ temperatury początkowej obróbki termicznej i metody studzenia na jakość średnio rozdrobnionych produktów blokowych. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 2004, **2 (3)**, 27-36.
[2] Blicharski T., Hammermeister A., Pierzchała M.: Zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięsie wieprzowym. Gosp. Mięs., 2006, **6 (58)**, 30-33.
[3] Cegiełka A., Słowiński M.: Dodatki funkcjonale w przetwórstwie mięsa – wygoda czy konieczność. Mięso i Wędliny, 2008, **6**, 14-36.
[4] Cegiełka A.: Smak tłuszczu. Gosp. Mięs., 2010, **62 (5)**, 20.
[5] Chmiel M., Słowiński M., Cal P.: Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do wykrywania wady PSE mięsa wieprzowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, **6 (79)**, 47-54.
[6] Chwastowska-Siwiecka I., Lesiak E.: Postęp techniczny w konstrukcji maszyn i urządzeń do obróbki cieplnej w przemyśle mięsnym. Cz. I. Gosp. Mięs., 2008, **8 (60)**, 46-52.
[7] Cierach M., Szaciło K.: Przetwory mięsne o zmniejszonej zawartości tłuszczu. Gosp. Mięs., 2004, **9 (56)**, 30-36.
[8] Claus J.R., Hunt M.C.: Low fat, high added-water bologna formulated with texture- modifying ingredients. J. Food Sci., 1991, **6 (56)**, 643-647.
[9] Dolata W.: Wpływ dodatku tłuszczu i czasu kutrowania na teksturę i ocenę organoleptyczną kiełbas parzonych drobno rozdrobnionych. Gosp. Mięs., 1992, **9 (44)**, 20-24.
[10] Dransfield E.: The taste of fat: A review. Meat Sci., 2008, **5 (80)**, 37-42.
[11] Duda Z.: Zamienniki tłuszczu stosowane w przetwórstwie mięsa. Gosp. Mięs., 1998, **2 (50)**, 22-26.
[12] Grochalska D., Mroczek J.: Wpływ izolatu i koncentratu białek sojowych na właściwości drobno rozdrobnionych farszów z mięsa drobiowego. Przem. Spoż., 2002, **12 (56)**, 43-44.
[13] Honikel K.O.: Vom Fleisch zum Produkt. Fleischwirtschaft, 2004, **5 (84)**, 228-234.
[14] Huffman D. L.: The development of low-fat ground products. 39 ICoMST, 1-6 August 1993, Calgary, Abstracts and Review Papers, Session 7, 293-303.
[15] Keeton J.: Low-fat products – technological problems with processing. Meat Sci., 1994, **2 (36)**, 261-276.

[16] Kijowski J.: Metody utrwalania mięsa drobiowego. W: Technologia mięsa drobiowego. Red. Grabowski T. WNT, Warszawa 1993, ss. 81-82.
[17] Kozłowska-Wojciechowska M.: Tłuszcze w diecie ludzi aktywnych fizycznie. Mat. Konf. Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Warszawa 5-6 grudnia 2009.
[18] Krzywdzińska-Bartkowiak M., Dolata W., Piątek M., Michalski K.: Wpływ wymiany tłuszczu zwierzęcego tłuszczem roślinnym i błonnikiem pokarmowym na jakość farszów i kiełbas drobno rozdrobnionych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **4 (59)**, 61-67.
[19] Krzywdzińska-Bartkowiak M., Dolata W., Piątek M.: Komputerowa analiza obrazu mikrostruktury drobno rozdrobnionych farszów mięsnych i wędlin z różnym udziałem tłuszczu. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **3 (44) Supl.**, 131-139.
[20] Makała H.: Rola tłuszczu w kształtowaniu reologicznej charakterystyki kutrowanych farszów i produktów mięsnych. Gosp. Mięs., 1998, **50 (11)**, 22-23.
[21] Papież D., Albin M.: Zwiększenie odporności tłuszczów na wytapianie z produktów mięsnych. Gosp. Mięs., 2010, **3 (62)**, 22.
[22] PN-ISO 1442:2000. Oznaczanie zawartości wody.
[23] PN-ISO 1444:2000. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
[24] PN-ISO 2917: 2001. Oznaczanie pH.
[25] PN-75/A-04018:1975. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
[26] Pyrcz J., Kowalski R.: Rola substancji dodatkowych stosowanych w przetwórstwie mięsnym. Gosp. Mięs., 2005, **11 (57)**, 16-20.
[27] Szymański P.: Substancje dodatkowe stosowane w przetwórstwie mięsa. Cz. 2. Gosp. Mięs., 2007, **9 (59),** 18-21.

EFFECT OF GEL-FAT ADDITIVE AND TIME OF STERILIZATION ON PROPERTIES OF MODEL CANNED MEAT PRODUCT

S u m m a r y

The effect was studied of the Gel-fat additive and time of sterilization on the properties of model canned meat product. Three variants of meat batters were prepared; they contained different amounts of the Gel-fat additive (0; 0.5, and 1.0 %); next, the batters were sterilized (at 120 °C for 30 and 40 minutes). After the sterilization and cooling of the products studied, the following parameters were determined in the canned meat products: thermal drip, L *, a *, b *colour parameters, maximum force of penetration, basic chemical composition, and pH value.

It was found that the extending of sterilization time significantly impacted the increase in the thermal drip (by ca. 4 %) and the decrease in the force of penetration (by ca. 1.5 N) of model canned meat products studied. The addition of Gel-fat preparation did not affect the level of thermal drip; however, it caused the hardness of the canned meat products to increase (by about 3 N). No changes were found in the L* and a* colour parameters that were caused by this preparation. Only the b* colour parameter increased (by about 1 unit). The basic chemical composition and the pH value remained unchanged.

Key words: canned meat product, Gel-fat preparation, sterilization, thermal drip, rheological features

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 90 – 106

MAŁGORZATA WRONIAK, ANDRZEJ ANDERS, ARKADIUSZ SZTERK, RADOSŁAW SZYMCZAK

WPŁYW OBŁUSKIWANIA NASION NA JAKOŚĆ SENSORYCZNĄ I FIZYKOCHEMICZNĄ ORAZ WARTOŚĆ ŻYWIENIOWĄ OLEJU RZEPAKOWEGO TŁOCZONEGO NA ZIMNO

S t r e s z c z e n i e

Rzepak odmian ‘00’ jest głównym surowcem oleistym w Polsce, przetwarzanym na skalę przemysłową. Nasiona rzepaku zawierają około 40 - 45 % tłuszczu oraz 20 - 25 % białka. Zawartość łuski w nasionach waha się w zależności od odmiany od 10,5 do 20 %. Obłuskiwanie nasion wpływa na zwiększenie zawartości białka i zmniejszenie zawartości błonnika w śrucie poekstrakcyjnej, a jednocześnie powoduje poprawę barwy i jakości wydobywanego oleju.

Celem pracy było określenie wpływu obłuskiwania nasion rzepaku na wydajność procesu tłoczenia na zimno oleju rzepakowego oraz na jego jakość sensoryczną, fizykochemiczną i wartość żywieniową. Materiałem do badań były nasiona hodowlane rzepaku odmian ‘Monolit’ i ‘Bojan’. Obłuskanie nasion wykonano w obłuskiwaczu tarczowym. Oleje wytłoczono w prasie ślimakowej firmy Farmet.

Wykazano wpływ obłuskiwania nasion rzepaku na poprawę jakości sensorycznej i barwy uzyskanych olejów, zmniejszenie ich wartości żywieniowej oraz wzrost wydajności tłoczenia. Stwierdzono statystycznie istotne różnice pod względem podstawowych parametrów jakości tj. liczby kwasowej i nadtlenkowej w olejach z całych i obłuskanych nasion odmiany ‘Monolit’. Nie stwierdzono jednak takich różnic w przypadku olejów z nasion ‘Bojan’. Oleje otrzymane z całych i obłuskanych nasion rzepaku obu odmian nie różniły się statystycznie istotnie pod względem liczby anizydynowej, absorbancji w świetle UV (K232 i K268) oraz stabilności oksydatywnej oznaczonej w teście Rancimat. W olejach z nasion obłuskanych zaobserwowano nieznacznie mniejszy udział nasyconych i polienowych kwasów tłuszczowych, a większy kwasów monoenowych. Istotnie mniejsza była natomiast zawartość tokoferoli ogółem w olejach zarówno z odmiany ‘Monolit’ (z nasion obłuskanych – 54,6, a z całych – 59,2 mg/100 g), jak i ‘Bojan’ (odpowiednio 56,9 i 62,7 mg/100 g).

Słowa kluczowe: nasiona rzepaku, obłuskiwanie, tłoczenie na zimno, olej rzepakowy, jakość, skład kwasów tłuszczowych, tokoferole

Dr inż. M. Wroniak, inż. R. Szymczak, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, dr inż. A. Szterk, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa, dr inż. A. Anders, Katedra Inżynierii Rolniczej i Surowców Naturalnych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. M. Oczapowskiego 11,10-736 Olsztyn

Wprowadzenie

Rzepak jest ważnym surowcem oleistym. Pod względem produkcji nasion oleistych to drugi surowiec po soi. Z uwagi na produkcję oleju zajmuje trzecie miejsce po oleju palmowym i sojowym. Rzepak ozimy odmian '00' jest głównym surowcem oleistym w Polsce, przetwarzanym na skalę przemysłową. Nasiona rzepaku zawierają około 20 - 25 % białka, 40 - 45 % tłuszczu oraz 12 - 13 % błonnika, znajdującego się główne w okrywie nasiennej (łupinie), zwanej potocznie łuską [31]. Białko jest cenne ze względu na skład aminokwasowy, jednak duża zawartość błonnika i obecność związków przeciwżywieniowych, takich jak: glukozynolany, fityny i związki fenolowe ogranicza szersze wykorzystanie śruty rzepakowej jako źródła cennego białka w paszach dla zwierząt i w żywności [1, 13, 19, 17, 31]. Pod względem żywieniowym olej rzepakowy charakteryzuje się korzystnym składem kwasów tłuszczowych, zawiera bardzo mało kwasów nasyconych i odpowiednią, optymalną proporcję (2 : 1) kwasów z rodzin n-6 (kwas linolowy) do n-3 (α-linolenowy) [1, 10]. Dodatkowo zawiera dużo cennych związków towarzyszących, m.in. steroli i tokoferoli, porównywalną lub większą niż w innych popularnych olejach jadalnych [11, 16, 35, 37].

Pod względem morfologicznym nasiona rzepaku składają się z okrywy nasiennej (15 - 25 % masy) oraz zarodka, w którym wyróżnia się dwa liścienie (75 - 82 % masy) oraz korzonek zarodkowy (5 - 12 % masy nasion) [31]. Poszczególne części składowe nasion nie są jednakowo wartościowe, ponieważ różnią się wyraźnie pomiędzy sobą pod względem składu chemicznego. Łuska zawiera mało tłuszczu (6 - 14 % s.m.) i białka (15 % s.m.b.), a dużo błonnika (40 - 48 % s.m.b.), natomiast liścienie i korzonek zarodkowy zawierają dużo tłuszczu (50 - 56 % s.m.), białka (28 - 44 % s.m.b.), a mało błonnika (4 - 7 % s.m.b.), poza tym charakteryzują się mniejszą zawartością związków mineralnych w postaci popiołu (4 % s.m.b.) w porównaniu z łuską (7,2 %), w tym jonów metali żelaza i miedzi [17, 31]. Również jakość oleju wydobytego z łuski i liścieni jest różny – wytłoczony z łuski ma niższą jakość: większą gęstość, ciemniejszą barwę, niższą stabilność oksydatywną, wyższy stopień hydrolizy i utlenienia lipidów w porównaniu z olejem z liścieni. W oleju z łuski mniejsza jest zawartość pełnych triacylogliceroli, większa niepełnych mono- i diacylogliceroli, wolnych kwasów tłuszczowych i fosfolipidów [31].

Analizując wartość technologiczną frakcji morfologicznych rzepaku można stwierdzić, że okrywa nasienna stanowi 20 % masy przerabianego surowca i zawiera 4-krotnie mniej tłuszczu, więc jej usunięcie zwiększyłoby wydajność wydobywania, przepustowość maszyn oraz zmniejszyłoby koszty [8, 12, 31]. Jednocześnie usunięcie łuski powoduje poprawę barwy i wyjściowej jakości wydobywanego oleju przez częściowe usunięcie barwników [12, 14, 19, 31]. Z drugiej strony łuska stanowi około 24 - 30 % masy odtłuszczonej śruty rzepakowej. Obecność około 12 % błonnika surowego (80 % rozpuszczalnego i 20 % nierozpuszczalnego) w śrucie obniża jej wartość od-

żywczą i strawność. Usunięcie łuski zmniejsza w śrucie poekstrakcyjnej zawartość błonnika do 6 %, a dodatkowo zwiększa zwartość białka z 35 do 50 %, dlatego też może być ważnym procesem poprawiającym wartość żywieniową śruty rzepakowej, zarówno przy wykorzystaniu na cele paszowe, jak i w produkcji żywności [12, 14, 19, 31].

Wielu badaczy podkreśla potrzebę uszlachetnienia nasion rzepaku w procesie przetwórstwa, aby podwyższyć jakość otrzymywanego oleju rzepakowego, co można uzyskać przez mechaniczne usunięcie okrywy nasiennej. Operację technologiczną mającą za zadanie usunięcie łupiny nazywa się odłuszczaniem lub obłuskiwaniem. Usunięcie okrywy nasiennej wpływa na zwiększenie wydajności urządzeń stosowanych w liniach przetwarzających nasiona rzepaku i ułatwia odbarwianie oleju, z drugiej strony jednak łupina ułatwia tłoczenie i spulchnia materiał poddawany ekstrakcji oraz ułatwia perkolację [8, 12, 19, 31].

Sposoby obłuskiwania nasion można scharakteryzować jako: rozbijanie nasion w strumieniu powietrza o twardą powierzchnię, zgniatanie nasion w szczelinie pomiędzy obracającymi się walcami oraz deformację nasion poprzez ściskanie między dwiema powierzchniami [8, 19, 31]. Jednym ze sposobów obłuskiwania nasion rzepaku, wykorzystujących w sposób optymalny cechy budowy morfologicznej nasion, jest deformacja nasion przez dwie powierzchnie, tak by nastąpiło jedynie pęknięcie okrywy nasiennej i rozpad liścieni. Większość spotykanych obłuskiwaczy funkcjonuje na zasadzie zgniatania lub rozbijania nasion rzepaku. Zastosowanie zgniatania nasion pomiędzy obracającymi się walcami lub powierzchniami płaskimi wymaga zastosowania nasion o jednakowych wymiarach geometrycznych, jednak wymóg ten nie jest konieczny w przypadku rozbijania nasion o wirujące elementy robocze [2, 3, 19]. Jeszcze innym sposobem usuwania okrywy nasiennej jest nawilżenie nasion i następnie gwałtowne ich suszenie. W wyniku tych procesów powstają duże naprężenia wewnętrzne w okrywie nasiennej, która zaczyna pękać. Sposób ten został zaproponowany przez kanadyjskich badaczy. Praktyczne wykorzystanie tego sposobu wymaga jednak zbudowania odpowiednich urządzeń, a ich wydajność może być w znacznym stopniu ograniczona [18, 36].

Korzyścią z obłuskiwania nasion jest otrzymywanie oleju rzepakowego o dobrej jakości. W przypadku wydobywania go przemysłową technologią tłoczeniowo-ekstrakcyjną wymagane jest zastosowanie rafinacji. Podczas tłoczenia na zimno w temp. poniżej 40 °C, stosowanego przez niewielkie olejarnie rolnicze, użycie obłuskanych nasion zapewnia uzyskanie dobrego oleju niewymagającego rafinacji [4, 14, 31], gdyż temperatura ogranicza działalność enzymów natywnych i przechodzenie do oleju niepożądanych związków zanieczyszczających go. W rezultacie oleje mają dobre cechy sensoryczne, są w smaku i zapachu delikatniejsze niż uzyskiwane z całych nasion [14].

Na skalę przemysłową nie stosuje się obłuskiwania nasion rzepaku – przyczyną są względy ekonomiczne i technologiczne. Wprawdzie ogranicza się koszty przez zmniejszanie nakładów energetycznych w czasie przetwarzania, ale występują też liczne wady. Problemem są małe rozmiary nasion i duże straty oleju z łuską. Obłuskiwanie nasion rzepaku pod względem technologicznym jest trudne. Podczas tego zabiegu następuje uszkodzenie tkanek, co może się wiązać z uwalnianiem oleju, który skleja cząstki liścieni i okrywy oraz utrudnia ich rozdzielenie [12, 19, 31].

Celem pracy było określenie wpływu obłuskiwania nasion rzepaku na wydajność procesu tłoczenia oleju rzepakowego na zimno oraz na jego jakość sensoryczną i fizykochemiczną oraz wartość żywieniową.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były nasiona hodowlane rzepaku '00' odmian 'Monolit' i 'Bojan', (Hodowla Roślin Strzelce, grupa IHAR) pochodzące ze zbiorów 2012 r. Zdrowe i nieuszkodzone nasiona przechowywano w wielowarstwowych workach papierowych w pomieszczeniu o temp. 19 ± 1 °C.

Obłuskiwanie nasion wykonywano za pomocą laboratoryjnego obłuskiwacza tarczowego metodą uderzeniową [3]. W wyniku uderzeń nasion o wirujące łopatki umieszczone na tarczy obłuskującej uzyskiwano mieszaninę liścieni, korzonków zarodkowych, fragmenty okrywy nasiennej i nieobłuskane nasiona. Stosowano tarczę o średnicy D = 140 mm wyposażoną w łopatki nachylone do płaskiej powierzchni tarczy pod kątem 45^{o}, a wysokość szczeliny w przestrzeni roboczej nad tarczą obłuskującą wynosiła 3 mm. Uzyskaną mieszaninę części morfologicznych nasion, to jest liścieni, korzonków zarodkowych, okrywy nasiennej oraz nieobłuskanych nasion rozdzielano za pomocą separatora pneumatycznego PETKUS K-293. Oddzielanie pyłu i okrywy nasiennej od liścieni i nieobłuskanych nasion odbywało się przy przepływie powietrza z prędkością wynoszącą od 0,2 do 1,3 m/s, a oddzielanie nieobłuskanych nasion od liścieni przy prędkości około 5,5 m/s [4].

Oleje z całych i obłuskanych nasion tłoczono w prasie ślimakowej firmy Farmet (Czechy) o wydajności przerabianych nasion 9 - 12 kg/h, przy użyciu dyszy o średnicy 8 mm. Temp. oleju wypływającego z prasy wynosiła 40 ± 2 °C. Po tłoczeniu wszystkie oleje wirowano z prędkością 9000 obr./min, a następnie poddawano analizie w ciągu jednego tygodnia od ich wytłoczenia. Doświadczenia przeprowadzono w dwóch seriach, a oznaczenia wykonywano w dwóch powtórzeniach.

W nasionach rzepaku (całych i obłuskanych) oraz w wytłokach oznaczano zawartość wody metodą suszarkową [27], zawartość tłuszczu – metodą Soxhleta [25] i dodatkowo w nasionach zawartość zanieczyszczeń ogółem, w tym: użytecznych i nieużytecznych – metodą wagową [30]. Na podstawie zawartości tłuszczu w nasionach i w wytłokach obliczano wydajność tłoczenia [%] z równania [34]:

$$W = 100 \times (1 - R_n/R_w),$$

gdzie: R_n – stosunek zawartości nietłuszczowych składników w nasionach do zawartości tłuszczu w nasionach; R_w – stosunek zawartości nietłuszczowych składników w wytłokach do zawartości tłuszczu resztkowego w wytłokach.

W próbkach olejów oznaczano liczby: kwasową (LK) [26], nadtlenkową (LOO) [23], anizydynową (LA) [28], wyliczano wskaźnik Totox, oznaczano także absorbancję w UV przy długości fali $\lambda = 232$ nm i $\lambda = 268$ nm [22], zawartość feofityny a [5], barwę ogólną [21] oraz stabilność oksydatywną w temp. 120 °C w teście Rancimat [29].

W ocenie sensorycznej stosowano metodę profilowania [6], przyjmując wyróżniki sensoryczne za Brühl i Matthäus [7]. Wzorowano się na ocenie sensorycznej oliwy *extra virgin* opisanej w rozporządzeniu WE 2568/91 z aktualnymi poprawkami [32]. Oceniano intensywność atrybutów pozytywnych i negatywnych – łącznie 10 cech (pozytywne - charakterystyczny/typowy dla nasion, orzechowy, drzewa, cierpki, słomy, a także negatywne - zleżały, spleśniały/zbutwiały, spalony, zjełczały oraz inny).

Oceniano również pożądalność konsumencką (nie lubię/lubię). Oleje do oceny przygotowywano w szklanych, kodowanych naczyniach w kolorze bursztynowym, przykrytych szkiełkiem zegarkowym. Objętość próbki oleju wynosiła 15 ml, a temp. około 28 °C. Do oceny wykorzystano formularz z 10-centymetrową skalą intensywności wrażeń sensorycznych w odniesieniu do cech pozytywnych i negatywnych (gdzie: 0 – niewyczuwalne wrażenie sensoryczne, 10 – wyjątkowo silne wrażenie sensoryczne). Wyniki wyrażono w jednostkach umownych [6]. Oceny przeprowadzano dwukrotnie.

W celu oceny wartości żywieniowej wykonywano analizę składu i zawartości kwasów tłuszczowych oraz składu i zawartości tokoferoli. Oznaczanie składu kwasów tłuszczowych wykonywano metodą GC, używano chromatografu Agilent Technologies model 6890N z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym, postępowano wg PN-EN ISO 5508:1996 [24]. Do rozdziału estrów stosowano wysokopolarną kolumnę kapilarną BPX 70 (dł. 60 m × śr. 0,22 mm, gr. filmu 25 μm). Warunki analizy były następujące: temp. pieca programowana w zakresie od 130 °C (3 min), przyrost 2 °C/min do 235 °C (4 min), temp. dozownika: 230 °C, temp. detektora 240 °C, gaz nośny hel (41psi), dozowanie dzielnikowe 100 : 1.

Oznaczanie zawartości tokoferoli wykonywano metodą HPLC. Próbkę oleju rozpuszczano w mieszaninie acetonitrylu (ACN) i eteru *tert*-butylowo-metylowego (MtBE) (4 : 6), filtrowano i nanoszono na szczyt kolumny z fazą RP octadecylsilica-Gemini C18 (150 mm × 2 mm × 3 μm) VP Shimadzu – SPD-M10Avp Shimadzu DAD, wyposażonego w detektor fluorescencyjny FLD RF-10ALx1 Shimadzu. Stosowano przepływ gradientowy 0,15 ml/min, rozdział prowadzono w temp. 35 °C. Fazą A był ACN, a fazą B mieszanina ACN i MtBE (4 : 6). Do identyfikacji używano UV 190 - 370 nm (wzbudzenie 290 nm, emisja 330 nm) [35].

Za Mińkowskim i wsp. [16] wyliczano zawartość ekwiwalentu witaminy E (C_E) według Eitenmillera:

$$C_E = C_1 + 0{,}1C_2 + 0{,}01C_3,$$

gdzie: C_1 – zawartość homologu α-T [mg/100 g], C_2 – zawartość homologu γ-T [mg/100 g], C_3 – zawartość homologu δ-T [mg/100 g] oraz współczynnik Harrisa, jako stosunek zawartości ekwiwalentu witaminy E [mg] do zawartości polienowych kwasów tłuszczowych PUFA w g w 100 g oleju.

Wyniki oznaczeń stanowią średnią arytmetyczną z czterech powtórzeń (n = 2 × 2). Uzyskane wyniki analizowano statystycznie jednoczynnikową analizą wariancji (test Duncana, przy $p \leq 0{,}05$), przy wykorzystaniu programu statystycznego Statgraphics 5.1. Różnice statystycznie między poszczególnymi grupami zaznaczono w tabelach i na wykresach, wykorzystując odmienne oznaczenia literowe. Wyliczano również odchylenia standardowe.

Wyniki i dyskusja

Udział poszczególnych frakcji otrzymanych po obłuskiwaniu nasion oraz efektywność stosowanego procesu przedstawiono w tab. 1. Efektywność obłuskiwania stanowił stosunek masy nasion obłuskanych do całkowitej masy nasion, wyrażony w procentach. Udział frakcji liścieni (nasiona obłuskane) w przypadku nasion rzepaku odmiany ‘Monolit’ wynosił 68,2 % a odmiany ‘Bojan’ – 74,6 %. Udział łuski w obu odmianach był zbliżony i wynosił 20,9 i 21,7 %, resztę stanowiły nasiona nieobłuskane i częściowo pozbawione łuski.

T a b e l a 1

Udział poszczególnych frakcji po obłuskaniu oraz efektywność procesu [%].
Percentage content of individual fractions after dehulling and process efficiency [%].

Odmiana rzepaku Rapeseed cultivar	Obłuskane nasiona Dehulled seeds	Łuska / Hull	Nieobłuskane nasiona Unhulled seeds	Efektywność obłuskiwania Dehulling efficiency
‘Monolit’	68,2	21,7	10,1	89,9
‘Bojan’	74,6	20,9	4,5	95,5

Anders [3] w doświadczeniach z nasionami rzepaku odmiany ‘Sponsor’ oraz gorczycy białej osiągnął słabszy efekt obłuskiwania. Stwierdził, że udział frakcji liścieni po obłuskaniu nasion rzepaku wynosił 54 %, a nasion gorczycy białej 57 %. Natomiast udział okrywy nasiennej wraz z połamanymi częściami morfologicznymi nasion tworzącymi pył wynosił od 31 do 35 %, odpowiednio w nasionach rzepaku i gorczycy

białej, a nasiona nieobłuskane oraz częściowo pozbawione okrywy nasiennej stanowiły od 9 do 10 % ogólnej masy próbki. Na wyniki obłuskiwania wpływają parametry obłuskiwania oraz właściwości fizyczne nasion, ich wielkość i wilgotność [2]. Mińkowski i Krygier [17] po przebadaniu trzech odmian rzepaku ozimego (‘Mar’, ‘Polo’ i ‘Leo’) uzyskali nieznacznie inne udziały poszczególnych frakcji. Stwierdzili, że po obłuskiwaniu 84,0 - 85,3 % stanowiły liścienie, a 14,7 - 16,0 % łuska.

Charakterystykę analizowanych nasion rzepaku (całych i obłuskanych), a także uzyskanych wytłoków przedstawiono w tab. 2.

T a b e l a 2

Skład nasion badanych odmian rzepaku oraz uzyskanych z nich wytłoków [%].
Composition of seeds of rapeseed cultivars studied and of pomace produced from them [%].

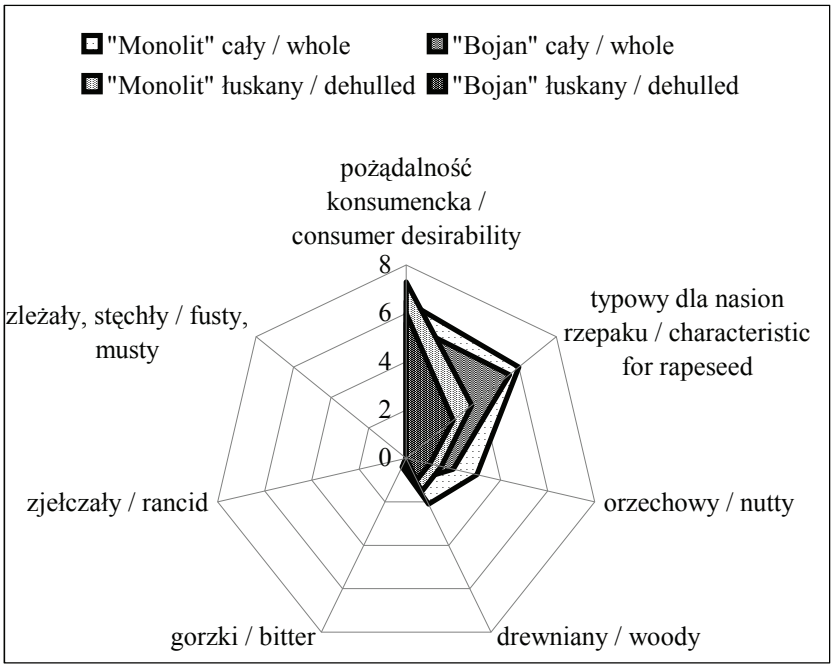
Wyróżniki Factors [%]	Odmiana nasion rzepaku / Rapeseed cultivar							
	‘Monolit’				‘Bojan’			
	całe nasiona whole seeds		obłuskane nasiona dehulled seeds		całe nasiona whole seeds		obłuskane nasiona dehulled seeds	
	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s SD
Tłuszcz w nasionach Fat in seeds	43,61 [a]	± 0,19	50,08 [b]	± 0,77	44,95 [c]	± 0,34	50,78 [b]	± 0,18
Woda w nasionach Water in seeds	6,27 [a]	± 0,12	4,79 [b]	± 0,10	6,51 [c]	± 0,10	4,61 [d]	± 0,13
Zanieczyszczenia, w tym Contaminations including	1,22 [a]	± 0,16	-	-	1,23 [a]	± 0,11	-	-
użyteczne / useful	1,01 [a]	± 0,14	-	-	1,02 [a]	± 0,13	-	-
nieużyteczne / useless	0,21 [a]	± 0,14	-	-	0,21 [a]	± 0,04	-	-
Tłuszcz w wytłokach Fat in pomace	28,14 [a]	± 0,33	31,97 [b]	± 0,85	29,44 [c]	± 0,20	32,86 [b]	± 0,68
Woda w wytłokach Water in pomace	7,09 [a]	± 0,20	5,85 [b]	± 0,15	7,36 [c]	± 0,10	5,67 [b]	± 0,12
Wydajność tłoczenia Extraction efficiency	49,35 [a]	± 0,44	53,15 [b]	± 1,29	48,92 [a]	± 0,30	52,57 [b]	± 1,26

Objaśnienia: / Explanatory notes:
$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s / SD – odchylenie standardowe / standard deviation;
a, b, c - wartości średnie oznaczone tą samą literą w wierszu nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by the same letter in the row do not differ statistically significantly at $p \leq 0.05$; ($n = 2 \times 2$).

Nasiona całe, niełuskane charakteryzowały się odpowiednią wilgotnością, zbliżoną, ale statystycznie różną ($p \leq 0,05$), w obu odmianach rzepaku: ‘Monolit’ – 6,27 %

i ‘Bojan’ – 6,51 % oraz dużą zawartością tłuszczu odpowiednio: 43,61 i 44,95 %. Były to nasiona bardzo wysokiej jakości – czyste (zanieczyszczenia stanowiły tylko 1,22 %) i nieuszkodzone, odpowiednie do tłoczenia na zimno. Natomiast w nasionach obłuskanych (liścieniach) oznaczono mniejszą zawartość wody, odpowiednio 4,79 i 4,61 %, a większą zawartość tłuszczu – 50,08 i 50,78 %. Podobnie Mińkowski i Krygier [17] stwierdzili, że zawartość tłuszczu w nasionach obłuskanych wzrosła z poziomu 46,2 - 48,9 % do 55,5 - 56,2 %, a białka z 38,1 - 38,8 % do 43,7 - 44 %. Wykazali oni również, że większe nasiona, o rozmiarach 2 - 2,5 mm, są bardziej przydatne do obłuskiwania, gdyż zawierają więcej tłuszczu i białka, a mniej błonnika niż nasiona mniejsze (1,6 – 2,0 mm).

W czasie procesu tłoczenia w prasie ślimakowej nasion obłuskanych nie wystąpiły żadne trudności techniczne i technologiczne, których spodziewano się na podstawie informacji literaturowych, np. zapychanie prasy i konieczność pewnego dodatku nasion nieobłuskanych [8, 12]. Wytłoki uzyskane po tłoczeniu nasion obłuskanych charakteryzowały się większą zawartością tłuszczu (31,97 i 32,86 %) niż wytłoki z nasion całych (28,14 i 29,44 %). Natomiast zawartość wody była większa w wytłokach z nasion całych (7,09 i 7,36 %) niż z obłuskanych (5,85 i 5,67 %). Pomimo większej zawartości tłuszczu w wytłokach wydajność tłoczenia oleju z nasion obłuskanych była większa niż z nasion całych.



Rys. 1. Ocena sensoryczna i pożądalność konsumencka analizowanych olejów.
Fig. 1. Sensory evaluation and consumer desirability of oils analyzed.

Na rys. 1. przedstawiono wyniki oceny sensorycznej i oceny pożądalności konsumenckiej. Zaobserwowano, że oleje z obłuskanych nasion obu odmian charakteryzowały się mniejszą intensywnością wyróżników: „charakterystyczny dla nasion rzepaku", „orzechowy" i „drewniany", w związku z tym w ocenie konsumenckiej oceniono je wyżej niż oleje wytłoczone z całych nasion.

Podstawowe parametry jakości uzyskanych olejów tłoczonych na zimno z całych i obłuskanych nasion rzepaku przedstawiono w tab. 3. Pod względem parametrów fizykochemicznych analizowane oleje były wysokiej jakości i odpowiadały wymaganiom Codex Alimentarius [9]. Oleje charakteryzowały się niskim stopniem hydrolizy lipidów (liczba kwasowa od 0,52 do 1,47 mg KOH/g), niskim pierwotnym (liczba nadtlenkowa od 0,52 do 0,76 meq O/kg) i wtórnym stopniem utlenienia lipidów (liczba anizydynowa od 0,17 do 0,33). Bardzo niska liczba anizydynowa była typowa dla świeżych olejów tłoczonych na zimno, w odróżnieniu od zdecydowanie wyższej dla olejów przechowywanych, ogrzewanych czy poddanych procesom rafinacji. Również poziom utlenienia olejów mierzony absorbancją w świetle UV był niski – zawartość dienów K232 wynosiła od 1,48 do 1,60, a trienów K268 – od 0,10 do 0,14. Wyniki podstawowych parametrów jakości olejów tłoczonych na zimno były niższe od publikowanych wcześniej przez Wroniak [37]. Efekt ten uzyskano w niniejszych badaniach dzięki wysokiej jakości i świeżości nasion użytych do tłoczenia, pochodzących z jednolitych odmian, a nie z nasion przemysłowych. Stwierdzono statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) różnice pod względem podstawowych parametrów jakości tj. LK i LOO w olejach z całych i obłuskanych nasion rzepaku odmiany 'Monolit', jednak nie wystąpiły takie różnice w przypadku olejów z nasion 'Bojan'. Oleje z nasion całych i obłuskanych obu odmian nie różniły statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) pod względem LA i absorbancji w świetle UV (dieny K232 nm i trienyK268 nm). Rotkiewicz i Zadernowski [31]oraz Yang i wsp. [38] wykazli, że korzystnie niższa była liczba kwasowa, nadtlenkowa i anizydynowa w oleju z nasion obłuskanych.

Zaobserwowano istotny pozytywny wpływ obłuskiwania nasion obu odmian przed tłoczeniem na barwę olejów i zawartość feofityny a. Barwa olejów z nasion obłuskanych była jaśniejsza, mniejszy był udział barwników chlorofilowych (A 668 nm), istotnie ($p \leq 0,05$) mniejsza była zawartość feofityny a. Podobne wyniki pod względem barwy oleju i zawartości barwników uzyskali Rotkiewicz i Zadernowski [31] oraz Yang i wsp. 38].

Pod względem stabilności oksydatywnej wykazano, że czas indukcji olejów w teście Rancimat (120 °C) wahał się w bardzo wąskim zakresie od 3,62 do 3,90 h, nie różnił się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) w badanych olejach i był zbliżony do wartości przedstawianych w literaturze [15, 37]. Uzyskane wyniki są odmienne od przedstawionych przez Yanga i wsp. [38], według których czas indukcji był dłuższy w oleju z nasion obłuskanych. Mniejszą stabilność oleju z całych nasion tłumaczono niskim

stosunkiem kwasów tłuszczowych PUFA/SFA, wyższą wyjściową liczbą nadtlenkową oraz większą zawartością chlorofilu, czyli czynników działających proutleniająco. Jednak na podstawie testu termostatowego, tj. bez dostępu światła i w temp. 60 °C, autorzy wykazali, że olej z nasion obłuskanych szybciej ulegał utlenieniu niż z nasion całych, a różnice w stabilności wynikały prawdopodobnie z wyższej zawartością steroli i tokoferoli w oleju z całych nasion [38].

Tabela 3

Charakterystyka analizowanych olejów rzepakowych tłoczonych na zimno.
Profile of cold pressed rapeseed oils analyzed.

Wyróżniki jakości Quality factors	Odmiana nasion rzepaku / Rapeseed cultivar							
	'Monolit'				'Bojan'			
	całe nasiona whole seeds		obłuskane nasiona dehulled seeds		całe nasiona whole seeds		obłuskane nasiona dehulled seeds	
	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD
Liczba kwasowa Acid value [mg KOH/g]	1,47 [a]	± 0,04	1,28 [b]	± 0,15	0,52 [c]	± 0,08	0,57 [c]	± 0,06
Liczba nadtlenkowa Peroxide value [meq O_2/kg]	0,53 [a]	± 0,06	0,76 [b]	± 0,14	0,52 [a]	± 0,09	0,51 [a]	± 0,07
Liczba anizydynowa Anisidine value	0,33 [a]	±0,10	0,29 [a]	± 0,07	0,29 [a]	± 0,07	0,17 [a]	± 0,08
Totox [2LOO+LA]	1,40[ab]	± 0,07	1,80 [a]	± 0,34	1,32 [b]	± 0,22	1,19 [b]	± 0,19
K232	1,51 [a]	± 0,02	1,60 [a]	± 0,17	1,47 [a]	± 0,04	1,48 [a]	± 0,03
K268	0,11 [a]	± 0,01	0,12 [a]	± 0,01	0,10 [a]	± 0,01	0,14 [a]	± 0,04
Barwa oleju Colour of oil	876 [a]	± 33	643 [b]	± 6	607 [b]	± 23	387 [c]	± 11
A442	0,582 [a]	± 0,016	0,445 [b]	± 0,024	0,307 [c]	± 0,018	0,269 [d]	± 0,007
A668	0,294 [a]	± 0,018	0,198 [b]	± 0,023	0,300 [a]	± 0,09	0,117 [c]	± 0,013
Feofityna a / Pheophitin a [mg/kg]	5,55 [a]	± 0,52	3,08 [b]	± 0,57	1,85 [c]	± 0,29	1,08 [d]	± 0,04
Czas indukcji Rancimat Rancimat Induction time [h]	3,62 [a]	± 0,09	3,62 [a]	± 0,06	3,79 [b]	± 0,11	3,90 [b]	± 0,09

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as under Tab. 2.

Najistotniejszym czynnikiem decydującym o wartości żywieniowej tłuszczów jadalnych jest skład kwasów tłuszczowych. Im więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie niezbędnych, tym ta wartość jest wyższa [10, 11]. Udział poszczególnych kwasów tłuszczowych i kolejno grup kwasów nasyconych (SFA),

monoenowych (MUFA) i polienowych (PUFA) w analizowanych olejach przedstawiono w tab. 4.

T a b e l a 4

Skład kwasów tłuszczowych [%] i proporcje poszczególnych grup kwasów tłuszczowych w analizowanych olejach.
Composition of fatty acids [%] and ratios of individual fatty acids groups in oils analyzed.

Kwasy tłuszczowe [%] Fatty acids [%]	Odmiana nasion rzepaku / Rapeseed cultivar			
	'Monolit'		'Bojan'	
	całe nasiona whole seeds	obłuskane nasiona dehulled seeds	całe nasiona whole seeds	obłuskane nasiona dehulled seeds
C14:0	0,05	0,05	0,05	0,05
C16:0	4,36	4,21	4,26	3,85
C16:1	0,23	0,16	0,16	0,14
C17:0	0,07	0,07	0,05	0,05
C17:1	0,08	0,08	0,06	0,06
C18:0	1,97	1,94	1,93	1,91
C18:1	61,00	61,94	60,99	61,97
C18:2	19,21	18,55	18,97	18,50
C18:3	10,12	10,14	10,68	10,62
C20:0	0,61	0,61	0,61	0,59
C20:1	1,39	1,42	1,36	1,39
C20:2	0,07	0,07	0,07	0,07
C22:0	0,29	0,27	0,29	0,29
C22:1	0,16	0,16	0,03	0,03
C24:0	0,17	0,14	0,18	0,15
C24:1	0,16	0,17	0,15	0,16
SFA	7,52	7,29	7,37	6,89
MUFA	63,02	63,93	62,75	63,75
PUFA	29,40	28,76	29,72	29,19
PUFA/SFA	3,91	3,95	4,03	4,24
n-6/n-3	1,90	1,83	1,78	1,74

Oleje z obu odmian nasion rzepaku charakteryzowały się zbliżonym składem kwasów tłuszczowych. Dominujące były kwasy: oleinowy (18 : 1), linolowy (18 : 2), α-linolenowy (18 : 3), a kwasem charakterystycznym – kwas erukowy (22 : 1). We wszystkich przebadanych olejach udział poszczególnych kwasów tłuszczowych był typowy i charakterystyczny dla oleju rzepakowego '00' [1, 9, 15, 37]. Żaden z olejów nie zawierał izomerów *trans* kwasów tłuszczowych.

Udział kwasów SFA w puli kwasów tłuszczowych był zbliżony w analizowanych olejach rzepakowych i wahał się od 6,9 do 7,5 %. Dominowały kwasy: palmitynowy (16 : 0) i stearynowy (18 : 0). Ten udział był zbliżony do wartości podawanych w literaturze dla oleju rzepakowego i zdecydowanie najniższy wśród wszystkich innych popularnych olejów jadalnych, [1, 10]. Stwierdzono większy udział kwasów nasyconych w olejach z całych nasion niż z obłuskanych.

Zawartość kwasów MUFA była duża. Ich udział wahał się od 62,8 do 63,9 %. Dominował kwas oleinowy (18 : 1, rodzina n-9) – od 61,0 do 62,0 %, a w niewielkich ilościach występował kwas erukowy (22 : 1) – od 0,03 do 0,16 %. Więcej tych kwasów było w olejach z nasion obłuskanych.

Zawartość kwasów PUFA w badanych olejach wahała się od 28,8 do 29,7 %. Kwasy z rodziny n-6 były reprezentowane przez kwas linolowy (18 : 2), natomiast z rodziny n-3 przez kwas α-linolenowy (18 : 3). Olej rzepakowy charakteryzuje się o największym udziałem tego kwasu w puli kwasów tłuszczowych wśród wszystkich olejów jadalnych [10, 11], z wyjątkiem oleju lnianego i lniankowego [16]. Duża zawartość PUFA świadczy o wysokiej wartości żywieniowej olejów, jednak bardzo ważny jest również wzajemny stosunek kwasów z obu rodzin tj. n-6/n-3. W analizowanych olejach stosunek ten wahał się od 1,7 : 1 do 1,9 : 1 (tab. 4) i był bliski optymalnego 2 : 1 [1, 10].

W przypadku obu badanych odmian rzepaku w olejach z nasion obłuskanych stwierdzono mniej SFA, PUFA, natomiast więcej MUFA, szczególnie kwasu oleinowego i wyższy udział PUFA/SFA w stosunku do składu kwasów tłuszczowych w oleju z całych nasion. Były to jednak niewielkie różnice. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w doniesieniach literaturowych. Więcej kwasu oleinowego w oleju z obłuskanych nasion rzepaku oznaczyli Yang i wsp. [38], przy czym proporcje PUFA/SFA były odmienne. Oomah i Mazza [20] w olejach z obłuskanych nasion lnu stwierdzili o 24 % więcej kwasu stearynowego i o 11 % – oleinowego, natomiast zawartość kwasu linolowego i linolenowego zmniejszyła się w stosunku do oleju z lnu nieobłuskanego, odpowiednio o 2 i 6 %. Skład kwasów tłuszczowych łuski był statystycznie istotnie różny niż liścieni.

W badaniach uwzględniono także cenne właściwości przeciwutleniające i witaminowe tokoferoli i oznaczono ich zawartość w olejach rzepakowych (tab. 5). Na ich podstawie wyliczono ekwiwalent witaminy E i współczynnik Harrisa tj. stosunek zawartości witaminy E do polienowych kwasów tłuszczowych (PUFA). Zawartość tokoferoli ogółem w analizowanych olejach była zróżnicowana i wahała się od 54,62 do 62,72 mg/100 g.

Skład tokoferoli był typowy dla nasion rzepaku podwójnie uszlachetnionego. W puli tokoferoli dominował γ-tokoferol (31,0 - 35,2 mg/100 g), wykazujący najlepsze działanie przeciwutleniające, następnie α-tokoferol (21,0 - 27,6 mg/100 g), najbardziej

aktywny jako witamina E, a zawartość δ-tokoferol była poniżej 1 mg/100 g (0,6 - 0,7 mg/100 g). Podobną zawartość tokoferoli ogółem w olejach rzepakowych tłoczonych na zimno podają inni autorzy [33, 35, 37]. Porównanie zawartości tokoferoli ogółem w oleju rzepakowym z ich zawartością w innych olejach jadalnych wskazuje, że jest to stosunkowo duża zawartość [11, 33].

Tabela 5

Skład i zawartość tokoferoli [mg/100 g oleju], ekwiwalent wit. E [mg] oraz współczynnik Harrisa w analizowanych olejach.
Composition and content of tocopherols [mg/100 g oil], vitamin E equivalent [mg], and Harris factor in oils analyzed.

Wyszczególnienie Specification	Odmiana nasion rzepaku / Rapeseed cultivar							
	'Monolit'				'Bojan'			
	całe nasiona whole seeds		obłuskane nasiona dehulled seeds		całe nasiona whole seeds		obłuskane nasiona dehulled seeds	
	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD	$\bar{x}$	± s / SD
γ-tokoferol / γ-tocopferol	31,03 [a]	± 2,48	31,86 [a]	± 1,36	35,25 [b]	± 0,22	35,23 [b]	± 0,81
α-tokoferol / α-tocopferol	27,63 [a]	± 1,85	22,21 [b]	± 1,89	26,76 [a]	± 2,56	21,03 [b]	± 2,68
δ-tokoferol / δ-tocopferol	0,56 [a]	± 0,04	0,56 [a]	± 0,13	0,72 [a]	± 0,16	0,62 [a]	± 0,06
Suma tokoferoli Total tocopherols	59,21 [ab]	± 2,80	54,62 [b]	± 3,14	62,72 [a]	± 2,49	56,88 [b]	± 2,95
Ekwiwalent wit. E Equivalent of vit. E	30,73		25,40		30,29		24,56	
Współczynnik Harrisa Harris factor	1,05		0,88		1,02		0,84	

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as under Tab. 2

W olejach z nasion obłuskanych, obu odmian rzepaku, stwierdzono statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) mniejszą zawartość sumy tokoferoli (55,75 mg/100 g) niż w olejach z całych nasion (60,97 mg/100 g). W oleju z nasion odmiany 'Monolit' wykazano zmniejszenie zawartości tokoferoli z 59,21 do 54,62 mg/100 g, a w oleju z nasion 'Bojan' z 62,72 do 56,88 mg/100 g, przy czym zaobserwowano, że zawartość γ-tokoferolu pozostała bez zmian, a zmniejszyła się tylko zawartość α-tokoferolu. Uzyskane wyniki są zbliżone do przedstawionych przez Yanga i wsp. [38], którzy w oleju rzepakowym z łuskanych nasion rzepaku oznaczyli 47,6 mg/100 g tokoferoli, a w niełuskanym – 50,6 mg/100 g. Biorąc pod uwagę wyliczony ekwiwalent witaminy E stwierdzono, że był on bardzo wysoki w badanych olejach rzepakowych (24,5 do 30,73 mg/100 g) i zbliżony do podanego w literaturze odnośnie handlowych olejów rzepakowych tło-

czonych na zimno (tj. od 24 do 28 mg/100 g) [33]. Odnotowano, że był on jednak niższy w olejach z nasion obłuskanych niż z całych. Współczynnik Harissa w przypadku analizowanych olejów rzepakowych był wyższy niż zalecany (0,6), wahał się od 0,8 do 1,0, jednak w olejach z nasion obłuskanych był niższy niż z całych. Wynika to oczywiście z mniejszej zawartości α-tokoferolu w tych olejach.

Wnioski

1. Obłuskiwanie nasion rzepaku w obłuskiwaczu tarczowym pozwala na uzyskanie około 70 % nasion obłuskanych (liścieni). Tłoczenie nasion obłuskanych w prasie ślimakowej do tłoczenia na zimno nie sprawia trudności technicznych ani technologicznych.
2. Usunięcie łuski z nasion rzepaku wpłynęło na wzrost zawartości tłuszczu w materiale do tłoczenia i wzrost wydajności tłoczenia. Nastąpiła poprawa cech sensorycznych – pojaśnienie barwy i zmniejszenie zawartości feofityny a w olejach z nasion obłuskanych.
3. Stwierdzono statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) różnice pod względem podstawowych parametrów jakości tj. LK, LOO w olejach z nasion całych i obłuskanych odmiany 'Monolit', jednak nie stwierdzono takich różnic w przypadku olejów z nasion 'Bojan'. Oleje z nasion całych i obłuskanych obu odmian nie różniły się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) pod względem LA, absorbancji w świetle UV (dieny K232 nm i trieny K268 nm) oraz stabilności oksydatywnej w teście Rancimat.
4. Obłuskiwanie nasion rzepaku wpłynęło korzystnie na skład kwasów tłuszczowych analizowanych olejów. W olejach z nasion obłuskanych stwierdzono większą zawartość kwasów monoenowych, a mniejszą nasyconych i polienowych. Potwierdzono także wysoką wartość żywieniową olejów rzepakowych tłoczonych na zimno z uwagi na bardzo małą zawartość kwasów nasyconych, odpowiednią proporcję kwasów z rodziny n-6 do n-3 oraz brak izomerów *trans* kwasów tłuszczowych.
5. Oleje z obłuskanych nasion rzepaku charakteryzowały się mniejszą wartością witaminową w porównaniu z olejami z całych nasion. Oleje te zawierały mniej tokoferoli ogółem, były gorszym źródłem witaminy E, wskutek czego niższy był współczynnik Harrisa.

Badania w ramach projektu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki - N N312 256740

Literatura

[1] Ackman R.G.: Canola fatty acids - an ideal mixture for health, nutrition and food use. Chapter 6 in: Canola and rapeseed. Production, chemistry, nutrition, and processing technology. Ed. F. Shahidi, van Nostrand Reinhold. New York 1990, pp. 81-98.

[2] Anders A.: Wpływ parametrów roboczych obłuskiwacza tarczowego na efektywność obłuskiwania nasion rzepaku. Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych II, Kraków, Statsoft Polska, 2003. [online] [dostęp 25.06.2013]. Dostępna w Internecie: http://www.statsoft.pl/czytelnia/badanianaukowe/d1biolmed/wplywparametrow.pdf
[3] Anders A.: Usuwanie okrywy owocowo-nasiennej z nasion gorczycy i rzepaku na obłuskiwaczu tarczowym, Acta Agrophysica, 2005, **6 (3),** 585-594.
[4] Anders A. Rusinek R. Wroniak M.: Obłuskiwanie nasion rzepaku jako metoda podniesienia jakości oleju rzepakowego przeznaczonego na biopaliwa, Autobusy, 2011, **12(10),** 56-62.
[5] AOCS Recommended Practice Cc 13i-96.: Sampling and analysis of commercial fats and oils: Determination of chlorophyll pigments in crude vegetable oils. 1997.
[6] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I.: Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. Wyd. Naukowe PTTŻ, 2009, ss. 163-164, 170, 181.
[7] Brühl L., Matthäus B.: Sensory assessment of virgin rapeseed oils. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 2008, **110**, 608-610.
[8] Carre P.: Review and evaluation major and most promising processing technologies for oil seed pretreatment and extraction. In: Project: Developing advanced biorefinery schemes for integration into existing oil production/transesterification plants. WP2: Optimisation of primary processing (e.g. oil extraction and refinery), Deliverable D 2.1, Sustoil, 2009, pp. 1-42 [online] [dostęp 25.06.2013]. Dostępna w Internecie: http://www.york.ac.uk/res/sustoil/Pages/Deliverable 2-5.pdf
[9] CODEX STAN 210 - 1999. Codex standard for named vegetable oil. Codex Alimentarius. Amendment 2005, 2011.
[10] Dubois V., Breton S., Linder M., Fanni J., Parmentier M.: Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 2007, **109**, 710-732.
[11] Gunstone F.D.: Vegetable oils. In: Bailey's industrial oil and fat products. Vol. 1. Edible oil and fat products: chemistry, properties, and health effects. Ed. Shahidi F., Eds. John Wiley & Sons, New Jersey 2005, pp. 213-267
[12] Matthäus B.: Oil technology. In: Technological innovations in major world oil crops, Vol. 2: Perspectives Ed. S.K. Gupta. Springer Science Business Media, 2012, pp. 23-92.
[13] Matthäus B.: Effect of dehulling on the composition of antinutritive compounds in various cultivars of rapeseed. Fett/Lipid, 1998, **100**, 295-301.
[14] Matthäus B.: Processing of Virgin Canola Oils In: Canola and Rapeseed Production, Processing, Food Quality, and Nutrition, Chapter 9. Ed. U. Thiyam-Holländer, N.A.M. Eskin, B. Matthäus, CRC Press, 2012, pp. 171-186
[15] Matthäus B., Brühl L.: Quality of cold-pressed edible rapeseed oil in Germany. Nahrung/Food, 2003, **47 (6)**, 413-419.
[16] Mińkowski K., Grześkiewicz S., Jerzewska M.: Ocena wartości odżywczej olejów roślinnych o dużej zawartości kwasów linolenowych na podstawie składu kwasów tłuszczowych, tokoferoli i steroli. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **2 (75),** 124-135.
[17] Mińkowski K., Krygier K.: Characteristics of Polish winter canola seeds towards of usefulness for dehulling. 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia, 1999, [online] [dostęp 25.06.2013]. Dostępna w Internecie: http://www.regional.org.au/au/gcirc/1/567.htm
[18] Mohamadzadeh J., Sadeghi-Mahoonak A., Yaghbani M. Aalami M.: Effect of hydrothermal pretreatment of canola seeds on dehulling efficiency and oil quality. World J. Dairy Food Sci., 2009, **4 (1)**, 14-18.
[19] Niewiadomski H.: Technologia nasion rzepaku. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1983, ss. 153, 158-159, 165, 177, 284-285.
[20] Oomah D.B. Mazza G.: Effect of dehulling on chemical composition and physical properties of flaxseed. Lebensm.-Wiss. U.-Technol., 1997, **30**, 135-140.

[21] PN-A-86934:1995. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Spektrofotometryczne oznaczanie barwy.
[22] PN-EN ISO 3656:2002. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie absorbancji w nadfiolecie wyrażonej jako ekstynkcja właściwa w świetle UV .
[23] PN-EN ISO 3960:2005. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
[24] PN-EN ISO 5508:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
[25] PN-EN ISO 659:1999. Nasiona oleiste. Oznaczanie zawartości oleju (Metoda odwoławcza).
[26] PN-EN ISO 660:2005. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
[27] PN-EN ISO 665:2004. Nasiona oleiste. Oznaczanie wilgotności i zawartości substancji lotnych.
[28] PN-EN ISO 6885:2001. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
[29] PN-EN ISO 6886:2009. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie stabilności oksydacyjnej (Test przyspieszonego utleniania).
[30] PN-R-66160:1991. Rośliny przemysłowe oleiste. Oznaczanie zanieczyszczeń i szkodników w ziarnie rzepaku i rzepiku.
[31] Rotkiewicz D., Zadernowski R.: Obłuskiwanie nasion rzepaku. Rośliny Oleiste, 1997, **18,** 492-504.
[32] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 61/2011 z dnia 24 stycznia 2011 roku zmieniające rozporządzenie Komisji (EWG) nr 2568/91 z dnia 11 lipca 1991 roku w sprawie właściwości oliwy z oliwek i oliwy z wytłoczyn oliwek oraz w sprawie odpowiednich metod analizy Dz. U. L 248 z 5.9.1991 s. 1 z późn. zm.
[33] Schwartz H., Ollilainen V., Piironen V., Lampi A.: Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. J. Food Comp. Analysis, 2008, **21 (2),** 152-161.
[34] Swetman T., Head S.: Calculation of oil extraction efficiency; INFORM, 1998, **9,** 1191
[35] Szterk A., Roszko M., Sosińska E., Derewiaka D., Lewicki P.P.: Chemical composition and oxidative stability of selected plant oils. J. Am. Oil Chem. Soc., 2010, **87**, 637-645.
[36] Thakor N.J., Sokhansanj S., McGregor I., McCurdy S.: Dehulling of canola by hydrothermal treatments. J. Am. Oil Chem. Soc., 1995, **72**, 597-602.
[37] Wroniak M.: Wartość żywieniowa olejów rzepakowych tłoczonych na zimno. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **(6) 85**, 79-92.
[38] Yang M., Liu Ch., Huang F., Zheng Ch., Zhou Q.: Effect of dehulling treatment on the oxidative stability of cold pressed low erucic acid rapeseed oil. J. Am. Oil Chem. Soc., 2011, **88**, 1633-1639.

EFFECT OF SEED DEHULLING ON SENSORY AND PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY AND NUTRITIONAL VALUE OF COLD-PRESSED RAPESEED OIL

S u m m a r y

Rapeseed of '00' cultivars is the main oleaginous material processed on an industrial scale in Poland. Rapeseed contains about 40 - 45 % of fat and 20 - 25 % of protein. The content of hulls in the seeds varies from 10.5 % to 20 % depending on the cultivar. The dehulling of seeds causes the content of proteins to increase and the content of fibre to decrease in the rapeseed meal, and, at the same time, the colour and quality of the extracted oil to improve.

The objective of this research study was to determine the effect of dehulling rape seeds on the efficiency of cold pressing process of rapeseed oil as well as on its sensory and physical-chemical quality and nutritional value. The experimental material consisted of cultivated rape seeds of 'Monolit' and 'Bojan'

cultivars. The dehulling of seeds was carried out in a disk hulling machine. Oils were pressed using a 'Farmet' oil expeller for cold pressing.

It was proved that the dehulling of rape seeds impacted the sensory quality and colour of oils produced, decreased their nutritional value, and increased of pressing efficiency. Statistically significant differences were reported in the basic quality parameters, i.e. acid and peroxide values of oils from the dehulled and whole seeds of the 'Monolit' cultivar. However, no such differences were reported in the case of oils from the 'Bojan' seeds. The oils produced from the whole and dehulled seeds of the two cultivars did not statistically significantly differ as regards the anisidine value, UV absorbance (K232 and K268), and oxidative stability measured using the Rancimat test. In the oils from dehulled seeds, it was found that the percentage content of saturated and polyunsaturated fatty acids was slightly lower and the percentage content of monounsaturated fatty acids was higher. On the other hand, the content of total tocopherols was significantly lower in the oils from the seeds of both the 'Monolit' cultivar (54.6 from the dehulled seeds and 59.2 mg/100 g from the whole seeds) and the 'Bojan' cultivar (56.9 and 62.7 mg/100 g, respectively).

Key words: rapeseed, dehulling, cold-pressing, rapeseed oil, quality, composition of fatty acids, tocopherols

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 107 – 118

KATARZYNA KOZŁOWICZ, FRANCISZEK KLUZA, DARIUSZ GÓRAL

WPŁYW METODY ZAMRAŻANIA NA WYCIEK I TWARDOŚĆ ŻELI ŻELATYNOWYCH OTRZYMYWANYCH W RÓŻNYCH ŚRODOWISKACH

S t r e s z c z e n i e

Celem pracy była ocena wpływu zamrażania na wyciek i twardość żeli żelatynowych sporządzonych w wodzie, w mleku i w soku pomarańczowym. Analizowano próbki żeli niemrożonych (próby kontrolne) i po obróbce (po zamrożeniu, przechowywaniu przez 24 h w temperaturze -33 ^{o}C oraz po rozmrożeniu). Twardość żeli mierzono w testach ściskania i penetracji, przy użyciu analizatora LFRA Texture Analyzer. Wielkość wycieku rozmrażalniczego zmniejszała się wraz ze wzrostem udziału masowego żelatyny w żelu. Największe uszkodzenia struktury powodowało zamrażanie w ciekłym azocie (pęknięcia powierzchni żeli) oraz zamrażanie owiewowe (duży wyciek, rozwodnienie żelu). Za najkorzystniejszą metodę, powodującą najmniejszy wyciek, uznano zamrażanie immersyjne w glikolu. Żele sporządzone w mleka i soku (oprócz żeli z 2-procentowym udziałem żelatyny) zamrażane zanurzeniowo w glikolu charakteryzowały się brakiem wycieku po ich rozmrożeniu oraz dobrze zachowywały twardość, dlatego mogą stanowić surowiec bądź produkt polecany do zamrażalniczego utrwalania.

Słowa kluczowe: żelatyna, żele, zamrażanie, wyciek rozmrażalniczy, twardość

Wprowadzenie

Żelatyna jest hydrokoloidem stosowanym w wielu branżach przemysłowych. Głównym źródłem pozyskiwania żelatyny jest kolagen otrzymywany ze skór, kości, chrząstek wołowych oraz wieprzowych [19, 27, 29]. Alternatywnym źródłem surowca są ryby [10, 13] i łącznotkankowe produkty uboczne przemysłu rybnego [15, 20].

Ze względu na właściwości funkcjonalne żelatyna coraz szerzej stosowana jest w przetwórstwie żywności. Między innymi stosuje się ją do zagęszczania oraz stabilizacji tekstury lodów wodnych [24], najczęściej w formie mieszanki kilku stabilizatorów, które jako zintegrowane składniki wiążą wodę wolną, co powoduje zwiększenie

Dr inż. K. Kozłowicz, prof. dr hab. F. Kluza, dr hab. D. Góral, Katedra Chłodnictwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego, Wydz. Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

lepkości mieszanki lodowej [6, 28]. Ułatwia to wprowadzanie powietrza podczas zamrażania, zwiększa stabilność struktury lodów w czasie przechowywania (hamuje wzrost kryształów lodu) i w konsekwencji zapewnia prawidłową ich konsystencję [9].

W badaniach mających na celu analizę wpływu różnych metod zamrażania na mikrostrukturę formujących się kryształów lodu wykorzystuje się żele żelatynowe jako układy modelowe żywności [3, 4, 33]. Kalichevsky-Dong i wsp. [18] wykazali, że zastosowanie wysokiego ciśnienia podczas zamrażania (PSF - Pressure Shift Freezing, 200 MPa, -15 °C) powoduje powstawanie mniejszych i bardziej jednolitych kryształów lodu w zamrażanych żelach niż konwencjonalne zamrażanie w powietrzu o temp. -30 °C. Chevalier i wsp. [4] stwierdzili, że kryształy lodu w żelach żelatynowych uzyskiwane metodą PSF były delikatne i równomiernie w nich rozmieszczone. Ze względu na jednorodną i trójwymiarową strukturę oraz znane właściwości fizyczne żelatyny układy modelowe żywności z żelami żelatynowymi umożliwiają głębsze zrozumienie technologii zamrażania pod zwiększonym ciśnieniem (High Pressure Freezing) [7, 32].

Celem pracy była ocena wpływu różnych metod zamrażania na wyciek rozmrażalniczy oraz twardość żeli żelatynowych sporządzonych w wodzie, w mleku i w soku. Zakres badań obejmował przygotowanie żeli, ich zamrożenie w zdefiniowanych warunkach oraz określenie twardości testami ściskania i penetracji.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym były żele żelatynowe przygotowane na bazie wody wodociągowej (pH 7,0), mleka (Mlekpol, o składzie [g/100 g mleka]: białko – 3,2, węglowodany – 4,7, tłuszcz – 3,2, pH – 6,6) i soku pomarańczowego (Rokpol, o ekstrakcie 10 ºBx, pH – 3,7), z udziałem żelatyny wieprzowej (typ A, Gellwe) w ilości: 2, 4, 6, 8 i 10 % (m/m) w stosunku do masy rozpuszczalnika. Poziom pH zoli oznaczano pehametrem elektronicznym. Przygotowanie roztworu (zolu) polegało na odmierzeniu odpowiedniej ilości zimnego rozpuszczalnika (soku, wody lub mleka) i wprowadzeniu sproszkowanej żelatyny przy równoczesnym mieszaniu. Następnie żelatynę rozpuszczano przez podgrzanie do temp. 70 °C napęczniałej masy. Po ochłodzeniu do temp. 40 °C roztwór żelatyny rozlewano do pojemników o średnicy 5,5 cm i wysokości 1,5 cm (do testu ściskania) oraz o średnicy 3 cm i wysokości 4,5 cm (do testu penetracji). Próbki pozostawiano w temp. 10 °C przez 3 h w celu zestalenia.

Zamrażanie żeli wykonywano trzema metodami: owiewową – w powietrzu (zamrażarka Whirlpool, konwekcja swobodna, temp. środowiska -33 °C), immersyjną – w glikolu (kriostat cieczowy Wiggen Hauser, temp. -35 °C) oraz immersyjną – w ciekłym azocie (Dewar MVE 2000, Cryopreservation System, temp. -196 °C). Zamrażanie próbek prowadzono do momentu osiągnięcia temp. -33 °C w ich centrum, a następnie przechowywano je przez 24 h. Po tym czasie próbki wyjmowano z pojemników i rozmrażano w temp. 20 °C do osiągnięcia w ich centrum temp. 10 °C.

Rozmrożone próbki osuszano metodą bibułową i każdorazowo ważono. Analizę kształtowania się zmian masy surowca spowodowanych wyciekiem rozmrażalniczym uzależniano od metody zamrażania. Wielkość wycieku rozmrażalniczego określano jako różnicę masy próbek przed i po rozmrożeniu [1].

Próbki żeli niezamrożone i po procesie zamrażania poddawano testom ściskania oraz penetracji przy użyciu analizatora tekstury LFRA Texture Analyzer. Ściskanie żeli prowadzono pomiędzy dwoma równoległymi płytkami z wykorzystaniem przystawki o średnicy 40 mm (szybkość przemieszczania trzpienia 0,3 $mm \cdot s^{-1}$, siła inicjacji 0,5 N, a ściskanie do 50 % wysokości próbki). Podczas testu penetracji posługiwano się przystawką o średnicy 7 mm (szybkość przemieszczania trzpienia 0,5 $mm \cdot s^{-1}$, siła inicjacji 0,5 N, a głębokość penetracji do 50 % wysokości próbki). Na podstawie uzyskanych wyników (z trzech powtórzeń) wyznaczano maksymalną siłę ściskania i penetracji żeli [8].

Analizę statystyczną wykonywano w programie Statistica 6 PL (StatSoft). Obliczano wartości średnie określanych parametrów (wszystkie analizy wykonano co najmniej w trzech powtórzeniach) oraz odchylenia standardowe. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Zmiany wielkości wycieku rozmrażalniczego, będącego wskaźnikiem uszkodzenia struktury żeli, wahały się, w zależności od zastosowanej metody zamrażania, od 0 do 13,54 % (tab. 1). Największe istotne ($p < 0,05$) straty masy spowodowane wyciekiem rozmrażalniczym zaobserwowano w przypadku żeli wodnych (udział żelatyny: 2 %) zamrażanych immersyjnie w ciekłym azocie (13,54 %) oraz zamrażanych owiewowo w powietrzu (11,36 %). Żele przygotowane w mleka i soku (wykluczając żele o 2-procentowym udziale żelatyny) zamrażane zanurzeniowo w glikolu charakteryzowały się brakiem swobodnego wycieku po rozmrożeniu.

Uzyskane wyniki są potwierdzeniem badań, w których wielkość wycieku rozmrażalniczego, jako ogólnego wyróżnika jakości żeli po rozmrożeniu, uzależniona jest od szybkości zamrażania i jej relacji do natury i wielkości formowania się kryształów lodu [16, 25]. Powszechnie przyjmuje się, że szybki spadek temperatury skutkuje lepiej zachowaną strukturą (drobne kryształy lodu, mniejsze zmiany pod względem ilości wycieku rozmrażalniczego). Kozłowicz i Kluza [23] wykazali, że liniowa szybkość zamrażania żeli żelatynowych zależy od metody i warunków zamrażania. Jest ono najwolniejsze w przypadku zamrażania w powietrzu (0,6 $cm \cdot h^{-1}$) o temp. - 33,0 °C. Zastosowanie kriostatu cieczowego (środowisko chłodzące – glikol etylowy) zapewniło intensyfikację procesu i szybkość zamrażania wzrosła do 5,0 $cm \cdot h^{-1}$. Najwyższą

T a b e l a 1

Wyniki wycieku rozmrażalniczego w zależności od metody zamrażania żeli.
Results of drip loss depending on gel freezing method.

Udział żelatyny w żelu [%] Content of gelatine in gel [%]	Wyciek rozmrażalniczy [%] / Thaw drip loss [%]		
	Zamrażanie owiewowe Freezing in air	Zamrażanie w glikolu Freezing in glycol	Zamrażanie w ciekłym azocie Freezing in liquid nitrogen
Żelatyna – woda / Gelatine-water			
2,0	$11,36^{a} \pm 0,39$	$7,46^{a} \pm 0,64$	$13,54^{a} \pm 0,57$
4,0	$4,85^{b} \pm 0,86$	$2,48^{b} \pm 0,46$	$5,39^{b} \pm 0,16$
6,0	$1,78^{c} \pm 0,47$	$1,32^{c} \pm 0,44$	$1,47^{c} \pm 0,35$
8,0	$1,27^{cd} \pm 0,26$	$0,40^{d} \pm 0,40$	$0,75^{cd} \pm 0,03$
10,0	$0,12^{de} \pm 0,20$	$0^{de} \pm 0$	$0,13^{de} \pm 0,01$
NIR	1,283	0,856	0,954
Żelatyna – mleko / Gelatine - milk			
2,0	$11,27^{a} \pm 0,23$	$0^{a} \pm 0$	$7,54^{a} \pm 0,06$
4,0	$3,16^{b} \pm 0,01$	$0^{a} \pm 0$	$4,01^{b} \pm 0,03$
6,0	$1,36^{c} \pm 0,21$	$0^{a} \pm 0$	$1,23^{c} \pm 0,11$
8,0	$1,16^{cd} \pm 0,24$	$0^{a} \pm 0$	$0^{d} \pm 0$
10,0	$0,82^{cde} \pm 0,19$	$0^{a} \pm 0$	$0^{de} \pm 0$
NIR	0,593	-	0,100
Żelatyna – sok pomarańczowy / Gelatine - orange juice			
2,0	$6,11^{a} \pm 0,33$	$0,59^{a} \pm 0,29$	$6,33^{a} \pm 0,33$
4,0	$1,04^{b} \pm 0,22$	$0^{b} \pm 0$	$1,64^{b} \pm 0,58$
6,0	$0,60^{c} \pm 0,21$	$0^{b} \pm 0$	$0,63^{c} \pm 0,47$
8,0	$0,38^{cd} \pm 0,01$	$0^{b} \pm 0$	$0,38^{cd} \pm 0,02$
10,0	$0^{e} \pm 0$	$0^{b} \pm 0$	$0,12^{cde} \pm 0,20$
NIR	0,352	0,245	0,648

Objaśnienia: / Explanatory notes:
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;
a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in columns and designated by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

szybkość zamrażania, wynoszącą 35,7 $cm \cdot h^{-1}$, osiągnięto jednak podczas zamrażania żeli w ciekłym azocie. Chevalier i wsp. [3] analizowali wpływ różnych metod zamrażania (zamrażanie owiewowe i immersyjne w solance) na szybkość formowania się

kryształów lodu w modelu żelu o kształcie cylindrycznym. Zaobserwowali, że średnica kryształu lodu zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do liniowej szybkości zamrażania. Petrović i wsp. [26] dowiedli, że największe straty masy podczas zamrażania i rozmrażania rejestruje się przy szybkości zamrażania w zakresie od 0,22 $cm \cdot h^{-1}$ do 0,29 $cm \cdot h^{-1}$. W innych badaniach [2, 16, 21] stwierdzono, że ultraszybkie zamrażanie (np. immersyjne w ciekłym azocie) przy bardzo dużych szybkościach zamrażania (powyżej 10 $cm \cdot h^{-1}$) powoduje powstawanie dużych naprężeń mechanicznych w powierzchniowych warstwach mrożonego produktu (*craking phenomena*), co prowadzi do jego pękania i uszkadzania struktury (zwiększony wyciek rozmrażalniczy). Zjawisko to jest szczególnie wyraźne w przypadku surowców zawierających duże ilości wody, jakimi są żele, oraz produktów o dużych wymiarach. Według Międzynarodowego Instytutu Chłodnictwa (IIR) [17] szybkość zamrażania na poziomie 5,0 $cm \cdot h^{-1}$, uzyskiwana przy immersyjnym zamrażaniu żeli w glikolu, jest wystarczająca do zachowania właściwej ich struktury. W metodzie, którą zaproponowali Fernández-Díaz i wsp. [10], skóry z flądry zamrażano w temp. -12 lub -20 °C. Żele otrzymane z żelatyny ze skór zamrażanych cechowały się niższymi wartościami siły żelowania, ale wykazywały większe wartości temperatury topnienia w porównaniu z żelami ze skór świeżych.

Wyciek rozmrażalniczy żeli z żelatyny zależał także od rodzaju środowiska (woda, mleko, sok pomarańczowy), w którym rozpuszczono żelatynę oraz od jej udziału masowego. Im wyższy był udział żelatyny, tym żele wykazywały bardziej zwartą strukturę i charakteryzowały się mniejszym wyciekiem rozmrażalniczym. Analiza zmiany rodzaju środowiska wykazała, że najkorzystniejszym układem były żele z sokiem pomarańczowym (pH 3,7) oraz z mlekiem (pH 6,6) zamrażane immersyjnie w glikolu. Charakteryzowały się one brakiem wycieku rozmrażalniczego lub niewielkim jego stopniem. Otrzymane wyniki potwierdzają również dane uzyskane przez Fiszmana i wsp. [11], wskazujące na przydatność stosowania żelatyny do poprawy jakości produktów mlecznych.

Twardość wszystkich sporządzonych żeli (próbek niemrożonych oraz rozmrażanych po poddaniu ich uprzednio zamrażaniu ze zróżnicowanymi szybkościami) badano, stosując testy ściskania. Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 2. Zwiększanie udziału żelatyny wpływało statystycznie istotnie na wzrost siły ściskania (twardości), bez względu na rodzaj rozpuszczalnika. Próbki żeli zamrażane w różnych warunkach wymagają niższej siły ściskania niż próby niemrożone, przy czym żele zamrażane w powietrzu charakteryzowały się najniższymi wartościami siły ściskania w zakresie od 2,01 N (żele z 2-procentowym udziałem żelatyny z sokiem pomarańczowym przy pH 3,7) do 47,61 N (żele z 10-procentowym udziałem żelatyny z mlekiem przy pH 6,6). Zmniejszenie siły ściskania żeli w wyniku zamrażania związane jest ze zmianami spowodowanymi formowaniem się krystalicznej struktury lodu. W konsekwencji, żele

T a b e l a 2

Wyniki siły ściskania żeli niemrożonych i mrożonych w zależności od metody ich zamrażania.
Results of compressive force applied on unfrozen and frozen gels depending on method of freezing them.

Udział żelatyny w żelu [%] Content of gelatine in gel [%]	Siła ściskania żelu [N] / Compression force [N]			
	Próba niemrożona Unfrozen sample	Zamrażanie owiewowe Freezing in air	Zamrażanie w glikolu Freezing in glycol	Zamrażanie w ciekłym azocie Freezing in liquid nitrogen
Żelatyna – woda / Gelatine - water				
2,0	$4,35^{a} \pm 0,32$	$5,02^{a} \pm 0,76$	$4,66^{a} \pm 0,67$	$4,52^{a} \pm 0,35$
4,0	$24,26^{b} \pm 1,33$	$5,75^{ab} \pm 0,08$	$13,30^{b} \pm 0,95$	$11,81^{b} \pm 0,28$
6,0	$33,28^{c} \pm 0,59$	$9,26^{c} \pm 0,14$	$18,31^{c} \pm 1,77$	$16,09^{c} \pm 1,88$
8,0	$34,24^{cd} \pm 0,63$	$18,27^{d} \pm 2,41$	$24,85^{d} \pm 1,41$	$20,86^{d} \pm 1,31$
10,0	$36,43^{de} \pm 2,04$	$34,89^{e} \pm 0,59$	$45,13^{e} \pm 1,14$	$37,39^{e} \pm 1,80$
Żelatyna – mleko / Gelatine - milk				
2,0	$4,35^{a} \pm 0,42$	$2,86^{a} \pm 0,11$	$2,62^{a} \pm 0,33$	$3,58^{a} \pm 0,07$
4,0	$19,81^{b} \pm 0,43$	$9,07^{b} \pm 0,06$	$13,15^{b} \pm 0,65$	$18,28^{b} \pm 1,19$
6,0	$36,09^{c} \pm 1,03$	$24,61^{c} \pm 1,29$	$31,52^{c} \pm 1,94$	$30,56^{c} \pm 0,79$
8,0	$51,74^{d} \pm 0,04$	$39,45^{d} \pm 1,02$	$48,37^{d} \pm 0,94$	$40,92^{d} \pm 0,32$
10,0	$67,54^{e} \pm 0,04$	$47,61^{e} \pm 0,28$	$67,26^{e} \pm 0,39$	$54,84^{e} \pm 0,55$
Żelatyna – sok pomarańczowy / Gelatine - orange juice				
2,0	$4,87^{a} \pm 0,61$	$2,01^{a} \pm 0,27$	$1,95^{a} \pm 0,06$	$4,14^{a} \pm 0,36$
4,0	$16,49^{b} \pm 0,53$	$11,97^{b} \pm 1,0$	$7,58^{b} \pm 0,39$	$13,48^{b} \pm 0,01$
6,0	$30,15^{c} \pm 1,43$	$23,75^{c} \pm 0,59$	$19,53^{c} \pm 0,09$	$28,07^{c} \pm 0,55$
8,0	$47,90^{d} \pm 0,54$	$36,97^{d} \pm 0,43$	$38,56^{d} \pm 0,78$	$41,70^{d} \pm 0,60$
10,0	$69,35^{e} \pm 0,04$	$45,79^{e} \pm 0,24$	$48,95^{e} \pm 0,06$	$54,94^{e} \pm 0,04$

Objaśnienia: / Explanatory notes:
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;
a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in columns and designated by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

po rozmrożeniu mogą odznaczać się dużym wyciekiem rozmrażalniczym, zmieniając jednoznacznie swoje pierwotne cechy [5, 14, 17, 22, 25]. Boonsumrej i wsp. [2] wykazali, że do cięcia krewetek uprzednio zamrożonych w temp. -70 °C potrzebna była siła podobna do wymaganej przy cięciu świeżych próbek. Gdy jednak próbki zamrażano w temp. -100 °C, potrzebna była najniższa wartość siły cięcia, co prawdopodobnie wynikało ze zjawiska *krakingu*, polegającego na pęknięciach i uszkodzeniach w po-

wierzchniowych warstwach produktu prowadzących do zwiększonego wycieku rozmrażalniczego.

T a b e l a 3

Zależności siły ściskania żeli (y) [N] od udziału żelatyny (x) [%] i metody zamrażania (df[T] = 59).
Correlations between compression force (y) [N] applied on gels, content of gelatine (x) [%], and freezing method (df[T] = 59).

Metoda zamrażania Freezing method	Środowisko żelu / Environment of gels					
	Żelatyna – woda Gelatine - water Postać równania Form of equation	R^2	Żelatyna – mleko Gelatine - milk Postać równania Form of equation	R^2	Żelatyna – sok Gelatine - juice Postać równania Form of equation	R^2
Próba niemrożona Unfrozen sample	y = 3,7004x – 4,2879	0,77	y = 7,9155x – 11,588	1,0	y = 8,0186x – 14,361	0,98
Zamrażanie owiewowe Freezing in air	y = 3,6127x – 7,0364	0,83	y = 5,9941x – 11,245	0,98	y = 5,6279x – 9,671	0,98
Zamrażanie w glikolu Freezing in glycol	y = 4,6251x – 6,4988	0,92	y = 8,226x – 16,772	0,98	y = 6,2491x – 14,179	0,96
Zamrażanie w ciekłym azocie Freezing in liquid nitrogen	y = 3,7394x – 4,3020	0,92	y = 6,2575x – 7,9079	0,98	y = 6,4908x – 10,478	0,98

We wszystkich przypadkach zarówno prób niemrożonych, jak i zamrażanych, stwierdzono zwiększenie siły ściskania wraz ze wzrostem udziału żelatyny w żelach, (zakres współczynnika determinacji 0,77 - 0,98), jednak dynamika tych zmian była zróżnicowana w odniesieniu do żeli utworzonych w środowisku wody, mleka czy soku pomarańczowego (tab. 3).

W przypadku wszystkich próbek zaobserwowano statystycznie istotny wzrost maksymalnej siły penetracji wraz ze wzrostem udziału żelatyny w żelu (tab. 4). Poza tym wykorzystanie mleka (pH 6,6) oraz soku pomarańczowego (pH 3,7) jako rozpuszczalników wpłynęło istotnie ($p < 0,01$) na zwiększenie siły przebijania (twardości) żeli w porównaniu z żelami wodnymi, co przypuszczalnie spowodowane jest różnicami struktury tworzącej się w próbkach podczas żelowania. Fiszman i wsp. [11] oraz Salvador i Fiszman [30] wskazują na przydatność żelatyny do poprawy jakości produktów mlecznych w środowisku o pH 5,3. Po porównaniu siły penetracji

żeli niemrożonych i mrożonych stwierdzono, że żele zamrażane są bardziej miękkie, przy czym metoda zamrażania miała istotny ($p < 0,05$) wpływ na wartości maksymalne siły przebicia.

T a b e l a 4

Wartości siły penetracji żeli w zależności od metody ich zamrażania.
Values of penetration force of gels depending on freezing method thereof.

Udział żelatyny [%] Content of gelatine [%]	Siła penetracji żeli [N] / Penetration force [N]			
	Próba niemrożona Unfrozen sample	Zamrażanie owiewowe Freezing in air	Zamrażanie w glikolu Freezing in glycol	Zamrażanie w ciekłym azocie Freezing in liquid nitrogen
Żelatyna – woda / Gelatine - water				
2,0	$0,08^{a} \pm 0,007$	$0,06^{a} \pm 0,004$	$0,14^{a} \pm 0,01$	$0,09^{a} \pm 0,0006$
4,0	$0,32^{b} \pm 0,007$	$0,22^{b} \pm 0,007$	$0,29^{b} \pm 0,007$	$0,12^{ab} \pm 0,003$
6,0	$0,60^{c} \pm 0,03$	$0,48^{c} \pm 0,03$	$0,49^{c} \pm 0,007$	$0,37^{c} \pm 0,04$
8,0	$0,95^{d} \pm 0,02$	$0,89^{d} \pm 0,002$	$0,71^{d} \pm 0,04$	$0,78^{d} \pm 0,01$
10,0	$1,34^{e} \pm 0,04$	$1,43^{e} \pm 0,04$	$1,03^{e} \pm 0,03$	$1,09^{e} \pm 0,031$
Żelatyna – mleko / Gelatine - milk				
2,0	$0,16^{a} \pm 0,008$	$0,15^{a} \pm 0,04$	$0,10^{a} \pm 0,008$	$0,11^{a} \pm 0,007$
4,0	$0,71^{b} \pm 0,006$	$0,36^{b} \pm 0,008$	$0,48^{b} \pm 0,04$	$0,43^{ab} \pm 0,02$
6,0	$1,64^{c} \pm 0,03$	$0,88^{c} \pm 0,02$	$1,40^{c} \pm 0,02$	$1,04^{c} \pm 0,04$
8,0	$2,82^{d} \pm 0,08$	$1,48^{d} \pm 0,007$	$1,92^{d} \pm 0,08$	$1,67^{d} \pm 0,18$
10,0	$4,13^{e} \pm 0,02$	$2,44^{e} \pm 0,02$	$2,59^{e} \pm 0,03$	$2,42^{e} \pm 0,13$
Żelatyna – sok pomarańczowy / Gelatine - orange juice				
2,0	$0,20^{a} \pm 0,01$	$0,05^{a} \pm 0,004$	$0,06^{a} \pm 0,002$	$0,14^{a} \pm 0,02$
4,0	$0,48^{b} \pm 0,03$	$0,31^{b} \pm 0,02$	$0,35^{b} \pm 0,02$	$0,44^{b} \pm 0,03$
6,0	$0,86^{c} \pm 0,009$	$0,66^{c} \pm 0,002$	$0,80^{c} \pm 0,01$	$0,73^{c} \pm 0,06$
8,0	$1,50^{d} \pm 0,06$	$1,13^{d} \pm 0,05$	$1,27^{d} \pm 0,05$	$1,08^{d} \pm 0,08$
10,0	$2,01^{e} \pm 0,07$	$1,39^{e} \pm 0,01$	$1,72^{e} \pm 0,03$	$1,62^{e} \pm 0,06$

Objaśnienia: / Explanatory notes:
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;
a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in columns and designated by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

Zależności zmierzonej maksymalnej siły penetracji żeli od udziału w nich żelatyny w odniesieniu do różnych metod zamrażania opisano funkcjami liniowymi. Współ-

czynniki determinacji Pearsona wyznaczone dla tych zależności zawierały się w zakresie 0,94 - 0,98 (tab. 5).

T a b e l a 5

Zależność siły penetracji żeli (y) [N] od udziału żelatyny (x) [%] i metody zamrażania (df[T] = 59).
Correlation between penetration force (y) [N] of gels, content of gelatin (x) [%], and freezing method (df[T] = 59).

Środowisko żeli Environment of gels Metoda zamrażania Freezing method	Żelatyna – woda Gelatinge – water Postać równania Form of equation	R^2	Żelatyna – mleko Gelatine – milk Postać równania Form of equation	R^2	Żelatyna – sok Gelatine – juice Postać równania Form of equation	R^2
Próba niemrożona Unfrozen sample	y = 0,1581x – 0,2904	0,98	y = 0,5024x – 1,1226	0,98	y = 0,2321x – 0,3802	0,98
Zamrażanie owiewowe Freezing in air	y = 0,1764x – 0,4056	0,94	y = 0,2856x – 0,6517	0,94	y = 0,1749x – 0,3416	0,98
Zamrażanie w glikolu Freezing in glycol	y = 0,1104x – 0,1293	0,98	y = 0,3211x – 0,6291	0,98	y = 0,2053x – 0,3656	0,98
Zamrażanie w ciekłym azocie Freezing in liquid nitrogen	y = 0,1663x – 0,2420	0,98	y = 0,2934x – 0,6251	0,98	y = 0,1808x – 0,2835	0,98

Żele to systemy, które tworzą określone struktury podlegające zróżnicowanym zmianom podczas zamrażania. Polegają one m.in. na mechanicznych uszkodzeniach i utracie specyficznych właściwości pod wpływem liczby i formy powstałych kryształów lodu. Za odwracalność tych zmian odpowiedzialna jest szybkość zamrażania. Podczas powolnego zamrażania (np. przy szybkości zamrażania 0,6 $cm \cdot h^{-1}$) tworzą się duże, regularne kryształy sześciokątne (heksagonalne), które powodują uszkadzanie struktur. Dlatego podczas rozmrażania tak mrożonych żeli obserwowano ich rozwodnienie i zwiększony wyciek rozmrażalniczy. Zamrożone próbki po ich rozmrożeniu w porównaniu z żelami niemrożonymi charakteryzowały się zmniejszoną wartością sił ściskania i penetracji. Ultraszybkie zamrażanie w ciekłym azocie może powodować

szczególny rodzaj uszkodzeń struktury. Przy dużych gradientach temperatur następuje istotny wzrost ciśnienia wewnątrz produktu. W wyniku tego, uszkodzenia zewnętrznych warstw produktów są inne niż uszkodzenia powodowane powstawaniem dużych kryształów lodu przy powolnym zamrażaniu. Dlatego żele zamrażane w tych warunkach wykazywały zanik cech plastyczności, czego następstwem były pęknięcia warstw wierzchnich. Żele te, podobnie jak żele zamrażane w powietrzu, charakteryzowały się mniejszą maksymalną siłą ściskania i penetracji [12, 17, 31].

Wnioski

1. Wielkość wycieku rozmrażalniczego badanych żeli zmniejszała się wraz ze zwiększaniem udziału żelatyny. Za najkorzystniejszą metodę, nie mającą wpływu na wyciek rozmrażalniczy, należy uznać zamrażanie immersyjne w glikolu, natomiast zamrażanie w ciekłym azocie, któremu towarzyszyły pęknięcia w strukturze żelu oraz zamrażanie owiewowe – w powietrzu, skutkowały wyraźnie większym wyciekiem. Najmniejszy wyciek rozmrażalniczy wykazywały żele sporządzone na bazie soku (przy pH 3,7) i mleka (przy pH 6,6), zaś największy – z udziałem wody (przy pH 7,0).
2. Wyniki testów ściskania i penetracji potwierdzają istotny ($p < 0,05$) wpływ udziału żelatyny oraz użytego rozpuszczalnika o zróżnicowanym pH na zmiany tekstury żeli. Żelatyna tworzy twardsze żele z mlekiem (pH 6,6) i sokiem pomarańczowym (pH 3,7) niż z wodą (pH 7,0).
3. Szybkość zamrażania zdeterminowana sposobem jego przeprowadzenia istotnie wpływa na obniżenie twardości żeli w porównaniu z żelami niemrożonymi.
4. Żele z żelatyny i mleka zamrażane w glikolu (poza próbkami z 2-procentowym udziałem żelatyny) charakteryzowały się brakiem wycieku po rozmrożeniu i najlepiej zachowywały twardość w porównaniu z materiałem niemrożonym. Dlatego mogą one stanowić surowiec lub półprodukt odpowiedni do zamrażalniczego utrwalania.

Literatura

[1] AOAC Official method of analysis (16th ed.). Association of the Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1995.

[2] Boonsumrej S., Chaiwanichsiri S., Tantratian S., Suzuki T., Takai R.: Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. J. Food Eng., 2007, **80**, 292-299.

[3] Chevalier D., Bail A. Le., Ghoul M.: Freezing and ice crystal formed in a cylindrical food model: part I. Freezing at atmospheric pressure. J. Food Eng., 2000, **46 (4)**, 277-285.

[4] Chevalier D., Bail A. Le., Ghoul M.: Freezing and ice crystal formed in a cylindrical food model: part II. Comparison between freezing at atmospheric pressure and pressure shift freezing. J. Food Eng., 2000, **46 (4)**, 287-293.

[5] Chwastowska I., Kondratowicz J.: Właściwości technologiczne mięsa wieprzowego w zależności od czasu zamrażalniczego przechowywania i metody rozmrażania. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **3 (44)**, Supl., 11-20.
[6] Damodaran S.: Inhibition of ice crystal growth in ice cream mix by gelatin hydrolysate. J. Agric. Food Chem., 2007, **55 (26),** 10918-10923.
[7] Djabourov M., Bonnet N., Kaplan H., Favard N., Favard P., Lechaire J.P., Maillard M.: 3D analysis of gelatin gel networks from transmission electron-microscopy imaging. J. Physique, 1993, **3**, 611-624.
[8] Dobrzycki J.H., Baryłko-Pikielna N.: Instrumentalne metody pomiaru tekstury żywności. IŻŻ, Warszawa 1986, ss. 22-33.
[9] Dłużewska E., Gazda B., Leszczyński K.: Wpływ wybranych hydrokoloidów polisacharydowych na jakość koncentratów lodów owocowych. Acta Alim. Pol., 2003, **2 (1),** 97-107.
[10] Fernández-Díaz M.D., Montero P., Gómez-Guillén M.C.: Effect of freezing fish skins on molecular and rheological properties of extracted gelatin. Food Hydrocoll., 2003, **17**, 281-286.
[11] Fiszman S.M., Lluch M.A., Salvador A.: Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt on their rheological properties. Int. Dairy J., 1999, **9,** 895-901.
[12] Ferrero C., Zaritzky N.E.: Effect of freezing rate and frozen storage on starch-sucrose-hydrocolloid systems. J. Sci. Food Agric. 2000, **80**, 2149-2158.
[13] Gómez-Guillén M.C., Turnay J., Fernández-Díaz M.D., Ulmo N., Lizarbe M.A., Montero P.: Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. Food Hydrocoll., 2002, **16**, 25-34.
[14] Góral D., Kluza F.: Cutting test application to general assessment of vegetable texture changes caused by freezing. J. Food Eng., 2009, **95,** 346-351.
[15] Haug I.J., Draget K.I., Smidsrød O.: Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatine. Food Hydrocoll., 2004, **18**, 203-213.
[16] Heldman D.R., Taylor T.A.: Modelling of food freezing. In: Erickson, M.C., Hung, Y.-C. (Eds.), Quality of Frozen Foods, Chapman Hall, London 1998, pp. 51-64.
[17] IIR. Recommendations for the processing and handling of frozen foods. International Institute of Refrigeration, Denmark, 2006.
[18] Kalichevsky-Dong M. T., Ablett S., Lillford P.J., Knorr D.: Effects of pressure-shift freezing and conventional freezing on model food gels. Int. J. Food Sci. Technol., 2000, **35**, 163-172.
[19] Karim A.A., Bhat R.: Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. Trends Food Sci. Technol., 2008, **19**, 644-656.
[20] Karim A.A., Bhat R.: Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatin. Food Hydrocoll., 2009, **23**, 563-576.
[21] Kim N.K., Hung Y.C.: Freeze-cracking in foods as affected by physical properties. J. Food Sci., 1994, **59 (3)**, 669-674.
[22] Kondratowicz J., Daszkiewicz T., Chwastowska I.: Podstawowy skład chemiczny i jakość sensoryczna mięsa wieprzowego zamrażanego w różnym czasie po uboju. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **3 (44)**, Supl., 98-107.
[23] Kozłowicz K., Kluza F.: Gel products properties influenced by freezing in different conditions. Int. J. Refrig., 2012, **35**, 1715-1721.
[24] Maksimowicz K., Grodzka K., Krygier K.: Ocena wpływu dodatku celulozy mikrokrystalicznej jako stabilizatora do owocowych lodów wodnych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **2 (47)** Supl., 198-205.
[25] Mleko S., Achremowicz B.: Wpływ szybkości zamrażania oraz stosowania zamienników tłuszczu na strukturę lodów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1996, **4 (9)**, 5-10.

[26] Petrović L., Grujić R., Petrović M.: Definition of the optimal freezing rate. 2. Investigation of the physico-chemical properties of beef *m. Longissimus dorsi* frozen at different freezing rates. Meat Sci., 1993, **33 (3)**, 319-331.
[27] Phillips G.O., Williams P.A.: Handbook of hydrocolloids. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge 2009.
[28] Regand A., Goff H.D.: Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems. Food Hydrocoll., 2003, **17 (1)**, 95-102.
[29] Rutkowski A.: Żelatyna. Właściwości – technologia – zastosowanie. Polska Izba Dodatków do Żywności, Apeks s.c., Konin, 1999, s. 60.
[30] Salvador A., Fiszman S.M.: Textural characteristics and dynamic oscillatory rheology of maturation of milk gelatin gels with low acidity. J. Dairy Sci., 1998, **81 (6)**, 1525-1531.
[31] Spiess W.E.L.: Impact of freezing rates on product quality of deep-frozen foods. In: Linko, P., Malkki, Y., Olkku, J., Larinkari, J. (Eds.), Food Process Engineering, Applied Science, London, 1980, pp. 689-694.
[32] Woinet B., Andrieu J., Laurent M.: Experimental and theoretical study of model food freezing. Part I: Heat transfer modelling. J. Food Eng., 1998, **35**, 381-393.
[33] Woinet B., Andrieu J., Laurent M., Min S.G.: Experimental and theoretical study of model food freezing. Part II: Characterization and modelling of the ice crystal size. J. Food Eng., 1998, **35**, 393-407.

EFFECT OF FREEZING METHOD ON DRIP LOSS AND HARDNESS OF GELATINE GELS MADE IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

S u m m a r y

The research objective was the evaluation of the effect of freezing on drip loss and hardness of gelatine gels made in water, milk, and orange juice. The unfrozen gel samples (control samples) and the processed samples (using freezing, 24 h storage at a temperature of -33 °C, and thawing) were analyzed. The gel hardness was measured in the compression and penetration tests with the use of an LFRA Texture Analyzer. The loss drip amount decreased with the increasing mass fraction of gelatine in gel. The most severe structural damage was caused by the freezing in liquid nitrogen (cracks on the surfaces of gels) and the air freezing (high drip loss and gel dilution). It was found that the most advantageous method of freezing with the least drip loss was the immersion freezing in glycol. Except for the gels with a 2 % content of gelatine, the gels made in milk and orange juice, and frozen by the immersion in glycol were characterized by no drip loss upon thawing and effectively retained their hardness; thus, they can be a raw material or product recommended for preservation by freezing.

Key words: gelatine, gels, freezing, thaw drip loss, hardness

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 119 – 128

JULITA REGUŁA, ANNA GRAMZA-MICHAŁOWSKA

WARTOŚĆ ODŻYWCZA ORAZ INDEKS GLIKEMICZNY PRODUKTÓW ZBOŻOWYCH Z DODATKIEM SUSZU BOCZNIAKA OSTRYGOWATEGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*)

S t r e s z c z e n i e

Susz z boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) jest surowcem wykorzystywanym w niewielkim stopniu jako dodatek do produktów spożywczych. Celem pracy było określenie wpływu dodatku suszu grzybowego z boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) na wartość odżywczą i indeks glikemiczny krakersów i chleba. Materiał do badań stanowiły krakersy kukurydziane i chleb pszenny uzyskane z wypieku laboratoryjnego. Zawartość białka, tłuszczu, suchej masy i związków mineralnych w postaci popiołu oznaczono standardowymi metodami analitycznymi. Zawartość frakcji błonnika pokarmowego oznaczono metodą van Soesta. Indeks glikemiczny określono jako procentową szybkość wzrostu stężenia glukozy we krwi badanych osób po spożyciu produktów w porównaniu ze wzrostem, jaki następuje po spożyciu glukozy. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek suszu boczniaka ostrygowatego zwiększał wartość odżywczą krakersów i chleba. Stwierdzono w nich większy udział białka, błonnika pokarmowego nierozpuszczalnego i rozpuszczalnego oraz celulozy. Produkty z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego cechowały się niższym indeksem glikemicznym w stosunku do produktów bez tego dodatku.

Słowa kluczowe: produkty zbożowe, boczniak ostrygowaty (*Pleurotus ostreatus*), chleb, wartość odżywcza, indeks glikemiczny

Wprowadzenie

Wzrost zachorowań na dietozależne przewlekłe choroby niezakaźne stwarza konieczność propagowania zmiany modelu odżywiania się i powoduje wzrost popytu na żywność o ukierunkowanym, pożądanym wpływie na organizm. Nowe produkty, zawierające substancje bioaktywne o określonym działaniu prozdrowotnym, wdrażane są do żywienia w celu profilaktyki lub wspomagania leczenia określonych chorób metabolicznych.

Dr hab. inż. J. Reguła, Katedra Higieny Żywienia Człowieka, dr hab. A. Gramza-Michałowska, Katedra Technologii Żywienia Człowieka Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

Surowcami, które spożywane są w niewielkich ilościach, a mogą być wykorzystane do produkcji żywności prozdrowotnej ze względu na swoje właściwości, są grzyby, zwłaszcza o prostej technologii uprawy m.in. boczniak ostrygowaty [22, 26]. Susz z boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą i aktywnością biologiczną [9, 10, 15, 16, 21, 23, 27]. W jego owocnikach i grzybni wykryto biologicznie aktywne składniki, m.in. pleuran, działające antyzakrzepowo, antynowotworowo, antywirusowo, obniżające poziom cholesterolu i przeciwdziałające występowaniu łożysk arteriosklerotycznych.

Spośród wielu produktów spożywczych, które można byłoby wzbogacić w susz boczniaka na szczególną uwagę zasługują produkty zbożowe, stanowiące podstawę codziennej diety [30]. Zaleca się spożywanie wyrobów z całego ziarna lub z mąki razowej. Produkty takie wykazują działanie hipocholesterolemiczne oraz redukują poposiłkową glikemię i insulinemię. Mają również niski indeks glikemiczny. Spożycie produktów o niskim indeksie glikemicznym powoduje powolny i relatywnie niewielki wzrost poziomu glukozy w surowicy i związaną z tym niewielką odpowiedź insulinową. Wyniki badań [5, 17, 24] wskazują również na istotną rolę produktów o niskim indeksie (IG) i ładunku glikemicznym (ŁG) w profilaktyce chorób krążenia.

Rekomendowanie wprowadzenia do diety produktów z dodatkiem suszy grzybowych wymaga z jednej strony precyzyjnego określenia ich wartości odżywczej, a z drugiej wykazania właściwości żywieniowych i prozdrowotnych. W związku z tym celem pracy było określenie wpływu dodatku suszu grzybowego z boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) na wartość odżywczą i indeks glikemiczny krakersów kukurydzianych i chleba pszennego, wypiekanych w warunkach laboratoryjnych.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań był chleb pszenny oraz krakersy kukurydziane uzyskane metodą laboratoryjną. Dodatkiem wzbogacającym był susz uzyskany z produkcyjnej odmiany boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*), oznaczonej jako K22, wyhodowanego na podłożu uprawowym ze słomy pszennej w Wytwórni Grzybni Grzybów Uprawowych w Łobzie. Owocniki zbierano w miarę ich dorastania, gdy w kępie u większości z nich stwierdzano początek prostowania się brzegu kapelusza. Kępy po oczyszczeniu z resztek podłoża rozdzielano na pojedyncze owocniki, czyszczono i suszono w suszarni z wymuszonym obiegiem powietrza w temp. 50 °C, przez 12-14 h, do momentu, kiedy zawartość wody w suszu zmniejszała się do 12 %. Wysuszone owocniki mielono na proszek w młynku szybkoobrotowym do uzyskania jednorodnej masy. Proszek przechowywano w hermetycznie zamkniętych opakowaniach z folii polipropylenowej w temp. 2 °C.

Produkty wytwarzano według własnej technologii. Krakersy otrzymywano z: mąki kukurydzianej (200 g), margaryny (100 g), oleju rzepakowego (5 g), mleka

2-procentowego (60 ml) i wody. Ciasto zagniatano i, po uformowaniu w kęsy o masie 10 g, wypiekano w temp. 180 ºC przez 20 min. Do produkcji chleba pszennego używano: mąki pszennej typu 750 (500 g), soli (2,5 g), drożdży (40 g), cukru (5 g) oraz wody. Zastosowano metodę jednofazową prowadzenia ciasta. Czas mieszenia wynosił 4 min. Następnie ciasto poddawano fermentacji w temp. 30 °C przez 1 h. Po tym czasie ciasto dwukrotnie przegniatano i odstawiano do ponownej fermentacji na 30 min. Chleb wypiekano w temp. 200 ºC przez 50 min. Jednorazowo do analiz przeznaczano 3 bochenki chleba.

W celu uzyskania produktów modelowych z dodatkiem suszu boczniaka, zastępowano nim 10 % masy mąki kukurydzianej lub pszennej w recepturze.

W chlebie i krakersach oznaczano zawartość białka, tłuszczu, suchej masy i związków mineralnych w postaci popiołu standardowymi metodami analitycznymi: tłuszcz – metodą Soxhleta, białka – metodą Kjeldahla, suchą masę – metodą suszarkowo-wagową, popiół - przez spalenie w piecu muflowym w temp. 550 ºC [14]. Przyjęto, że 2/3 azotu zawartego w grzybach wchodzi w skład białek i tylko ta ilość została przeliczona na białko, przy użyciu współczynnika 6,25. Węglowodany stanowiły różnicę między 100 a sumą zawartości wody, popiołu, białka i tłuszczu. Wartość energetyczną brutto określano metodą spalania w bombie kalorymetrycznej, za pomocą zestawu kalorymetrycznego KL 10 [20].

Błonnik pokarmowy rozpuszczalny (SDF) i nierozpuszczalny (IDF) oznaczano metodą enzymatyczną Aspa [1], natomiast błonnik detergentowy neutralny (NDF), kwaśny (ADF) oraz ligninę metodą van Soesta [28]. Zawartość hemiceluloz obliczano z różnicy między NDF a ADF, natomiast celulozy z różnicy między ADF a ligniną.

W celu wyznaczenia indeksu glikemicznego 20 zdrowym osobom w wieku 44 - 65 lat, o średniej masie ciała 72 kg i BMI 25 (zgoda Komisji Bioetycznej nr 83/09) podano w kolejnych dniach 50 g glukozy oraz produkty w ilości odpowiadającej 50 g przyswajalnych węglowodanów. Przed podaniem glukozy lub produktu, a następnie przez 2 godziny, co 15 min, oznaczano poziom glukozy we krwi żylnej. Osoby do badań przystępowały na czczo w godzinach rannych. Indeks glikemiczny zdefiniowano, jako pole powierzchni pod krzywą odpowiedzi glikemicznej po spożyciu produktu i wyrażano w stosunku do odpowiedzi glikemicznej na 50g glukozy, której indeks glikemiczny IG = 100. Dodatkowo określano ładunek glikemiczny, uwzględniając dwie zmienne: wartość indeksu glikemicznego (IG) oraz wielkość standardowej porcji [7].

Wszystkie obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica™Pl 9.0 firmy StatSoft. Weryfikację statystyczną związku pomiędzy wartościami składników odżywczych produktów bez dodatku suszu z produktem wzbogaconym w susz boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) przeprowadzano za pomocą testu

t-Studenta dla prób niezależnych. Różnice międzygrupowe (na poziomie $p < 0,01$) pomiędzy kolumnami zaznaczono w tabelach odmiennymi indeksami literowymi.

Wyniki i dyskusja

Podstawowy skład chemiczny oraz wartość energetyczną krakersów i chleba pszennego z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego przedstawiono w tab. 1. Z uwagi na większy dodatek tłuszczu, krakersy charakteryzowały się większą wartością energetyczną w stosunku do chleba. Większą ilość wody stwierdzono w produktach bez dodatku suszu grzybowego. Zawartość węglowodanów, zarówno w produktach kukurydzianych, jak i pszennych, nie różniła się istotnie i wynosiła od 50,4 % w krakersach bez dodatku suszu boczniaka (K) do 53,2 % w chlebie z suszem grzybowym (CHB).

Zawartość białka w produktach kontrolnych kształtowała się w granicach 5,22 - 6,93 %. Po dodaniu do produktów suszu grzybowego ilość białka wzrosła o 5 % w chlebie i o 11 % w krakersach. Produkty zbożowe mają duży udział w dostarczaniu białka roślinnego w diecie człowieka, jednak białka zbożowe nie odznaczają się pełną wartością biologiczną. W zależności od gatunku zboża aminokwasami ograniczającymi wykorzystanie białka są lizyna i tryptofan (produkty pszenne i kukurydziane), metionina (produkty żytnie) lub treonina (ryż) [4]. Zastosowanie do produktów zbożowych dodatku suszu boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) może przyczynić się do podniesienia wartości biologicznej ich białka poprzez uzupełnienie aminokwasów deficytowych. W białku boczniaka ostrygowatego znajdują się wszystkie aminokwasy egzogenne [10, 18]. Chang i Miles [6] podkreślają, że grzyby te zawierają dużą ilość lizyny, która jest aminokwasem deficytowym w białku produktów zbożowych pszennych i kukurydzianych. Bernaś i wsp. [3] oraz Mattila i wsp. [19] wykazali, że białko boczniaka jest stosunkowo dobrze przyswajalne, a aminokwasami ograniczającymi jego wartość odżywczą są walina i fenyloalanina. Boczniak ostrygowaty w porównaniu z innym i gatunkami grzybów, w tym brązowej i białej pieczarki, zawiera dużo cysteiny, metioniny i kwasu asparaginowego.

Zawartość tłuszczu w chlebie i krakersach była zróżnicowana i kształtowała się od 1,05 % w chlebie pszennym do 29,4 % w krakersach (tab. 1). Na większą ilość tłuszczu w krakersach istotnie wpływały składniki recepturowe: margaryna i olej.

Stwierdzono, że dodatek suszu boczniaka ostrygowatego miał istotny ($p < 0,01$) wpływ na ilość składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu w finalnym produkcie. Wraz z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego zawartość popiołu wzrosła o 20 % w krakersach oraz o 60 % w chlebie. Wielu badaczy [3, 11, 15, 21] uważa, że boczniak ostrygowaty jest bardzo dobrym źródłem składników mineralnych, w 100 g suchej masy zawiera od 4,5 do 8,8 g popiołu.

T a b e l a 1

Wartość energetyczna i zawartość składników odżywczych w krakersach i chlebie pszennym oraz w produktach modelowych z 10-procentowym dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego.
Energy value and content of nutrients in crackers and wheat bread as well as in model products containing 10 % of dried *Pleurotus ostreatus* mushroom added.

Wartość energetyczna i składniki odżywcze Energy value and nutrients	Krakersy Crackers		Chleb Bread	
	K	KB	CH	CHB
Wartość kaloryczna / Caloric value [kcal/100 g]	487 ± 1,16 [a]	482 ± 1,13 [a]	245 ± 4,46 [a]	250 ± 3,40 [a]
[MJ/100 g]	2,04 ± 0,005 [b]	2,01 ± 0,005 [a]	1,03 ± 0,018 [a]	1,05 ± 0,014 [a]
Woda / Water [g/100 g]	14,2 ± 0,27 [b]	13,9 ± 0,084 [a]	39,1 ± 0,17 [b]	37,5 ± 0,11 [a]
Węglowodany / Carbohydrates [g/100 g]	50,4 ± 0,34 [a]	51,4 ± 0,93 [a]	52,4 ± 0,24 [a]	53,2 ± 0,39 [a]
Białko / Protein [g/100 g]	5,22 ± 0,06 [a]	5,55 ± 0,28 [b]	6,62 ± 0,12 [a]	6,93 ± 0,012 [b]
Tłuszcz / Fat [g/100 g]	29,4 ± 0,16 [a]	28,3± 0,21 [a]	1,05 ± 0,15 [a]	1,05 ± 0,18 [a]
Zw. miner. jako popiół / Mineral compounds in the form of ash [g/100 g]	0,69 ± 0,04 [a]	0,84 ± 0,02 [b]	0,32 ± 0,065 [a]	0,51 ± 0,021 [b]

Objaśnienia / Explanatory notes:
K - krakersy bez dodatku suszu boczniaka ostrygowatego / crackers without dried oyster mushroom added; KB - krakersy z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego / crackers with dried oyster mushroom added; CH chleb bez dodatku suszu boczniaka ostrygowatego / bread without dried oyster mushroom added; CHB - chleb z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego / bread with dried oyster mushroom added;
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;
różne litery w kolumnach oznaczają różnice statystycznie istotne między wartościami średnimi na poziomie $p < 0,01$ / different letters in columns denote statistically significant differences between the means at $p < 0.01$.

Badane produkty charakteryzowały się dużą zawartością błonnika całkowitego (tab. 2). Średni jego poziom wynosił w kontrolnych produktach zbożowych 9,2 %, a z dodatkiem boczniaka – 11,5 %. Dodatek suszu boczniaka ostrygowatego do produktów w sposób istotny wpłynął na zawartość w nich błonnika rozpuszczalnego. W krakersach wzbogaconych stwierdzono wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej błonnika o 30 %, w chlebie natomiast wzrost był aż trzykrotny. Zaobserwowano również istotny wzrost frakcji nierozpuszczalnej błonnika po dodatku suszu boczniaka ostrygowatego w obu produktach zbożowych od 24 do 37 %. Udział frakcji celulozowej błonnika w produktach uzależniony był od dodatku suszu do produktu. Ilość celulozy wzrosła o 80 % w krakersach z dodatkiem suszu, natomiast w chlebie o 65 %. Zaobserwowano, że zawartość frakcji ligninowej zmniejszyła się istotnie wraz z zastosowaniem dodatku suszu grzybowego boczniaka ostrygowatego do produktu.

T a b e l a 2

Zawartość frakcji błonnika pokarmowego [g/100 g] w krakersach i chlebie pszennym oraz w produktach modelowych z 10-procentowym dodatkiem boczniaka ostrogowatego.
Content of dietary fibre fractions [g/100 g] in crackers and bread with and without dried *Pleurotus ostreatus* mushroom added.

Frakcje błonnika Fractions of fibre	Krakersy Crackers		Chleb Bread	
	K	KB	CH	CHB
SDF - błonnik rozpuszczalny soluble dietary fibre	2,29 ± 0,13 [a]	3,01 ± 0,075 [b]	0,29 ± 0,061 [a]	1,02 ± 0,116 [b]
IDF - błonnik nierozpuszczalny insoluble dietary fibre	7,23 ± 0,006 [a]	8,36 ± 0,011 [b]	8,52 ± 0,121 [a]	10,6 ± 0,013 [b]
NDF - błonnik detergentowy neutralny neutral detergent fibre	6,57 ± 0,188 [a]	7,87 ± 0,098 [b]	8,95 ± 0,0028 [a]	8,44 ± 0,0098 [b]
ADF - błonnik detergentowy kwaśny acidic detergent fibre	5,53 ± 0,094 [a]	7,43 ± 0,011 [b]	6,27 ± 0,071 [a]	7,00 ± 0,034 [b]
Lignina / Lignin	3,15 ± 0,019 [b]	3,08 ± 0,003 [a]	4,30 ± 0,0098 [b]	3,72 ± 0,0035 [a]
Celuloza / Cellulose	2,39 ± 0,044 [a]	4,36 ± 0,006 [b]	1,97 ± 0,083 [a]	3,28 ± 0,016 [b]
Hemiceluloza / Hemicellulose	1,04 ± 0,282 [b]	0,43 ± 0,108 [a]	2,69 ± 0,068 [b]	1,45 ± 0,024 [a]

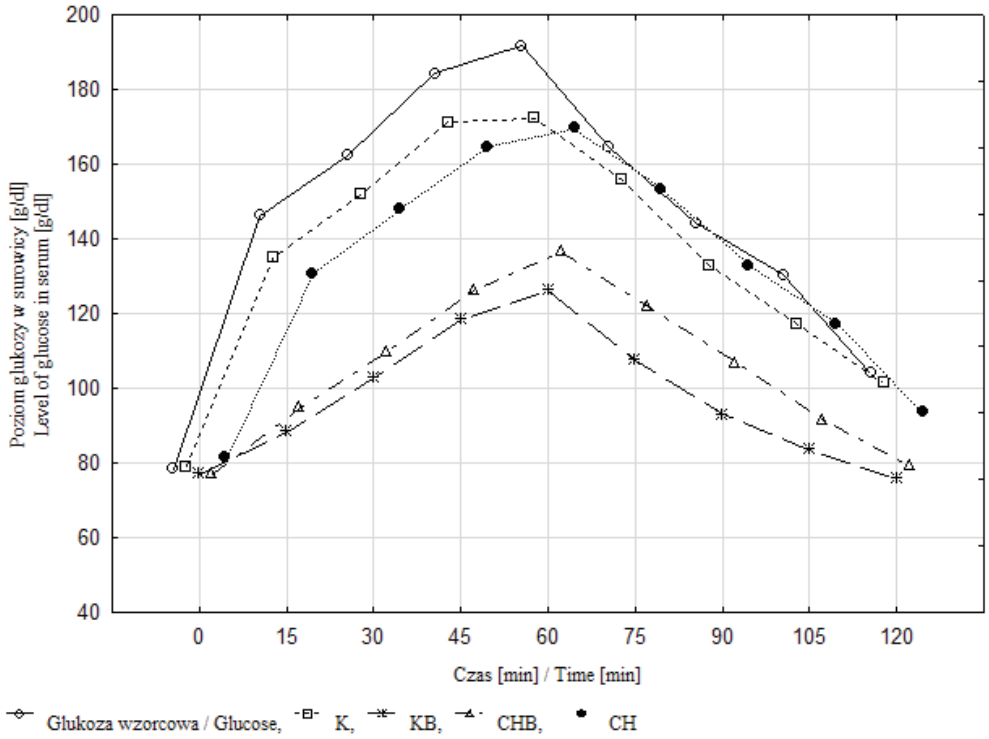
Objaśnienia jak pod tab. 1 / Explanatory notes as in Tab. 1.

Głównym źródłem błonnika pokarmowego w codziennej diecie człowieka są produkty zbożowe, owoce i warzywa oraz rośliny strączkowe [8, 13]. Do surowców bogatych w błonnik pokarmowy należą również grzyby, jednak danych na temat zawartości włókna pokarmowego i jego frakcji w boczniaku ostrygowatym jest niewiele. Manzi i wsp. [18] podają, że w gotowanych grzybach *Pleurotus ostreatus* błonnika pokarmowego ogółem jest 17,5 g/100 g, przy czym 4,2 % stanowią β-glukany. Augustin i wsp. [2] oraz Vetter [29] twierdzą, że ściany komórkowe grzybów zawierają w dużych ilościach polisacharydy, takie jak chityna, która w suszonych grzybach stanowi 80 %. Ponadto jest w nich zawarta celuloza, hemicelulozy, mannany oraz β- i α-glukany. Znajdujące się w grzybach wyższych β-glukany mogą występować zarówno w rozpuszczalnej, jak i nierozpuszczalnej frakcji błonnika. W zależności od odmiany, boczniak ostrygowaty zawiera od 27 do 38 % frakcji rozpuszczalnych glukanów [2, 25]. Vetter [29] wykazał, że grzyby *Pleurotus ostreatus* są dobrym źródłem chityny, której ilość w suchej masie grzyba wynosi od 2,16 % w kapeluszu do 3,31 % w trzonie. Jej zawartość w boczniaku ostrygowatym zależy od sposobu uprawy, miejsca wzrostu grzyba oraz jego obróbki [18]. Istnieje wiele publikacji potwierdzających pozytywną biologiczną rolę chityny i chitozanu w organizmie człowieka [27, 29]. Jun i wsp. [12] oraz Synytsya i wsp. [27] wykazali, że korzystna fizjologiczna rola grzybów w organi-

zmie człowieka jest związana z wzajemnym skojarzonym współdziałaniem wszystkich komponentów błonnika, rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych glukanów oraz chityny i chitozanu.

Na podstawie wyników badań własnych można stwierdzić, że produkty z dodatkiem boczniaka ostrygowatego zawierają dużo błonnika pokarmowego. Dodatek suszu grzybowego do produktów zbożowych podwyższa ilość frakcji błonnika rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego oraz ilość celulozy w gotowym produkcie. Zwiększony udział błonnika pokarmowego w produktach zbożowych jest korzystny, gdyż aktualnie obserwuje się niedobory tego składnika w diecie Polaków. Dodatkowo, wysoki udział błonnika pokarmowego w produkcie spożywczym znacznie zmniejsza jego indeks glikemiczny (IG) i ładunek glikemiczny (ŁG). Obliczony indeks glikemiczny produktów z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego wynosił 74 % w przypadku chleba i 69 % w przypadku krakersów (rys. 1). Były to wartości znacznie niższe w stosunku do produktów bez dodatku suszu (chleb – 92 %, krakersy – 93 %). Produkty miały również niższy ładunek glikemiczny (chleb – 39, krakersy – 35) w stosunku do produktów bez dodatku (chleb – 48, krakersy – 47). Brand-Miller i wsp. [5] uważają, że frakcje błonnika rozpuszczalnego w wodzie opóźniają opróżnianie żołądka. W przewodzie pokarmowym tworzą żele stanowiące barierę fizyczną i zwalniają działanie enzymów trawiennych. Frakcje błonnika nierozpuszczalnego w wodzie (głównie celuloza i lignina) wpływają w niewielkim stopniu na opróżnianie żołądka, nie wpływają natomiast na trawienie i wchłanianie węglowodanów. Szybka absorpcja węglowodanów pochodzących z produktów o wysokim IG i ŁG prowadzi do zwiększenia stężenia insuliny w stosunku do glukagonu we krwi, tworząc silny anaboliczny bodziec, który nasila magazynowanie składników energetycznych, stymuluje glikogenezę i lipogenezę (pobudzając syntezę triacylogliceroli i produkcję VLDL), a hamuje glukoneogenezę i lipolizę. Produkty o niskim IG dłużej stymulują receptory w przewodzie pokarmowym, co przedłuża sprzężenie zwrotne związane ze stymulacją wydzielania cholecystokininy oraz peptydu glukagonopodobnego 1 (ang. *glukagon like peptyd 1* – GLP-1) oraz pobudzanie w mózgu ośrodka sytości [7]. Wykazano, że im niższy jest indeks i ładunek glikemiczny, tym mniejsze ryzyko rozwoju cukrzycy typu 2, lepsze wyrównanie metaboliczne oraz niższe ryzyko chorób układu sercowo-naczyniowego [5, 17, 24].

Przedstawione wyniki badań wskazują, że produkty zbożowe z dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego mogą być cennym urozmaiceniem tradycyjnej diety. Ze względu na wysoką zawartość błonnika pokarmowego oraz obniżony indeks i ładunek glikemiczny mogą mieć zastosowanie praktyczne w prewencji i terapii zaburzeń metabolicznych.



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

Rys. 1. Indeks glikemiczny krakersów i chleba pszennego oraz produktów modelowych z 10-procentowym dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego w porównaniu z glukozą.

Fig. 1. Glycemic index of crackers and wheat bread as well as of model products with 10 % of dried (*Pleurotus ostreatus*) mushroom added compared with glucose.

Wnioski

1. Dodatek suszu boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) w ilości 10 % do krakersów kukurydzianych oraz do chleba pszennego wpłynął na zwiększenie ich wartości odżywczej – istotnie wzrosła zawartość białka i związków mineralnych w postaci popiołu w produktach modelowych.
2. Produkty z 10-procentowym dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego zawierały więcej frakcji błonnika rozpuszczalnego, nierozpuszczalnego i celulozy w porównaniu z wyrobami bez tego dodatku.
3. Krakersy kukurydziane i chleb pszenny z 10-procentowym dodatkiem suszu boczniaka ostrygowatego charakteryzowały się niższym indeksem i ładunkiem glikemicznym w stosunku do produktów niewzbogaconych.

Praca badawcza częściowo finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu nr NCN 2011/01/B/NZ9/00130.

Literatura

[1] Asp N.G., Johansson C.G., Hallmer H.: Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. J. Agric. Food Chem., 1983, **4**, 476-482.
[2] Augustín J., Jaworska G., Dandár A., Cejpek K.: Boczniak ostrygowaty (*Pleurotus ostreatus*) jako źródło ß–d-glukanów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość., 2007, **6 (55)**, 170-176.
[3] Bernaś E., Jaworska G., Lisiewska Z.: Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 2006, **5,** 5-20.
[4] Biel W., Maciorowski R.: Ocena wartości odżywczej ziarna wybranych odmian pszenicy. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **2 (81)**, 45-55.
[5] Brand-Miller J.C., Holt S.H., Pawlak D.B., McMillan J.: Glycemic index and obesity. Am. J. Clin. Nutr., 2002, **76 (Suppl)**, 281-285.
[6] Chang S.T., Miles P.G.: Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1989.
[7] Dolna A., Ciok J.: Indeks glikemiczny a otyłość. Pol. Arch. Med. Wew., 2005, **114**, 1111-1117.
[8] Filipiak-Florkiewicz A., Florkiewicz A., Cieślik E., Walczycka M., Kapusta-Duch J., Leszczyńska T.: Influence of hydrothermal treatment on dietary fiber and phenolic compounds content as well as antioxidative activity of legumes seeds. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 2012, **11 (4)**, 355-362.
[9] Gajdošová A., Hozová, B., Šturdík, E.: Preventive medical and therapeutic properties of beta-glucans. Lek. Oborz., 2006, **55**, 1-10.
[10] Guillamon E., Garcia-Lafuente A., Lozano M., D'Arrigo M., Moro C., Rostagno M.A., Villares A., Martinez J.A.: Edible mushrooms, Role in the prevention of cardiovascular diseases. Fitoterapia, 2010, **81**, 715-723.
[11] Jonathan S.G., Okon C.B., Oyelakin A.O., Oluranti O.O.: Nutritional values of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus)*[Jacq. Fr.] Kumm. cultivated on different agricultural waste. Nature and Science 2012, **10 (9)**, 186-191.
[12] Jun Y.I., Ti-Qiang C., Jin-Zhong W.O.: Studies on dietary fiber in mushrooms. J. Fungal Res., 2006, **4 (2)**, 49-53.
[13] Komolka P., Górecka D., Dziedzic K.: The effect of thermal processing of cruciferous vegetables on their content of dietary fiber and its fractions. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2012, **11 (4)**, 347-354.
[14] Krełowska-Kułas M.: Badanie jakości produktów spożywczych. Wyd. PWE, Warszawa 1993, ss. 34-36.
[15] Lasota W., Florczak J.: Porównanie składu chemicznego i wartości odżywczej grzybów uprawowych: pieczarki dwuzarodnikowej, boczniaka ostrygowatego, twardziaka jadalnego i ucha bzowego. Probl. Hig., 1996, **53**, 51-56.
[16] Lin H.C., Chen C.C.: Properties of several medicinal mushrooms. J. Agric. Food Chem., 2002, **50 (21)**, 6072-6077.
[17] Ma Y., Li Y., Chiriboga D., Olendzki B., Hebert J.R., Li W., Leung K., Hafner A.R., Ockene I.S.: Association between carbohydrate intake and serum lipids. J. Am. Coll. Nutr., 2006, **25 (2)**, 155-163.
[18] Manzi P., Marconi S., Aguzzi A., Pizzoferrato L.: Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. Food Chem., 2004, **84, 2**, 201-206.

[19] Mattila P., Salo-Vaananen P., Könkö K., Aro H., Jalava T.: Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. J. Agric. Food. Chem., 2002, **50**, 6419-6422.
[20] PN-ISO 1928:2002. Paliwa stałe. Oznaczanie ciepła spalania metodą spalania w bombie kalorymetrycznej i obliczanie wartości opałowej.
[21] Reguła J., Siwulski M.: Dried shiitake (Lentinulla edodes) and oyster (Pleurotus ostreatus) mushrooms as a good source of nutrient. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2007, **6 (4)**, 135-142.
[22] Reguła J.: Wartość odżywcza i ocena organoleptyczna ciastek wzbogaconych w susz grzybowy shiitake *Lentinula edodes*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **4 (65)**, 79-85.
[23] Rop O., Mlcek J., Jurikova T.: Beta-glucans in higher fungi and their health effect. Nutr. Rev., 2009, **67 (11)**, 624-631.
[24] Salmerón J., Ascherio A., Rimm E.B., Colditz G.A., Spiegelman D., Jenkins D.J., Stampfer M.J., Wing A.L., Willett W.C.: Dietary fiber, glycaemic load, and risk of NIDDM in men. Diabetes Care., 1997, **20**, 545-550.
[25] Stachowiak B., Reguła J.: Health-promoting potential of edible macromycetes under special consideration of polysaccharides: a review. Eur. Food Res. Technol., 2012, **234, 3**, 369-380.
[26] Stamets P.: Growing Gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press, Berkeley, California, USA, 2000.
[27] Synytsya A., Míčková K., Jablonský I., Sluková M., Čopíková J.: Mushrooms of genus *Pleurotus* as a source of dietary fibres and glucans for food supplements. Czech J. Food Sci., 2008, **26, 6**, 441-446.
[28] Van Soest P.J.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. JAOAC., 1963, **46, 5**, 825-835.
[29] Vetter J.: Chitin content of cultivated mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*. Food Chem., 2007, **102**, 6-9.
[30] Winiarska-Mieczan A., Kwiecień M.: Evaluation of the mineral composition of breadstuff and frequency its consumption. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2011, **10 (4)**, 487-495.

NUTRITIONAL VALUE AND GLYCEMIC INDEX OF CEREAL PRODUCTS WITH DRIED OYSTER MUSHROOM (*PLEUROTUS OSTREATUS*) ADDED

S u m m a r y

Dried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) is a raw material used, to a very limited extent, as an additive to food products. The objective of the study was to determine the effect of dried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) added on nutritional value and glycemic index of crackers and bread. The research material consisted of corn crackers and wheat bread baked in a laboratory. The content of protein, fat, dry mass and mineral compounds in the form of ash were determined using standard analytical methods. The content of fibre fractions was determined according to a Van Soest method. The glycemic index (GI) was determined as a percent growth rate of glucose concentration in the blood of people examined after they have eaten particular food products compared to the growth thereof after consumption of glucose.

Based on the experiments conducted, it was found that the dried oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* added to crackers and bread enhanced their nutritive value. In those products, there were determined higher contents of protein, insoluble and soluble dietary fibre, and cellulose. The products with the oyster mushroom added were characterized by a lower glycemic index compared to the products without this additive.

Key words: cereal products, oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), bread, nutritional value, glycemic index

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 129 – 141

IWONA JASIŃSKA-KULIGOWSKA, MACIEJ KULIGOWSKI,
PIOTR KOŁODZIEJCZYK, JAN MICHNIEWICZ

WPŁYW PROCESÓW FERMENTACJI, EKSTRUZJI I WYPIEKU NA ZAWARTOŚĆ FRUKTANÓW W PRODUKTACH ŻYTNICH

S t r e s z c z e n i e

Ziarno żyta jest źródłem cennych składników żywieniowych. Do grupy tej zaliczane są fruktany wykazujące właściwości prebiotyczne. Związki te nie są jednak uwzględniane w metodach analitycznych określających zawartość błonnika pokarmowego w zbożach. W pracy scharakteryzowano wybrane międzyprodukty przemysłowego przemiału ziarna żyta pod względem zawartości fruktanów. Zbadano wpływ procesów technologicznych: fermentacji mlekowej, wypieku i ekstruzji na poziom tych składników w produktach żytnich. Określono również zawartość fruktanów w próbkach handlowego pieczywa żytniego dostępnego na rynku w Polsce. Stwierdzono, że mąki pasażowe charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością fruktanów. Frakcje mąki pochodzące z końcowych pasaży śrutowych i wymiałowych zawierały znacznie większe ilości tych składników błonnika pokarmowego niż mąki otrzymane w początkowych etapach przemiału oraz mąki handlowe. Z badanych procesów termicznych jedynie ekstruzja jednokrotna powodowała wzrost zawartości fruktanów o około 8 %. Proces fermentacji mlekowej przy użyciu czystych kultur bakterii *Lactobacillus plantarum* w istotny sposób wpłynął na zmniejszenie zawartości fruktanów o: 10, 32 i 42 %, proporcjonalnie do czasu trwania fermentacji: 18, 24 i 30 h. Obserwowano również zmniejszenie zawartości fruktanów w próbkach fermentowanych z zastosowaniem handlowych kultur starterowych. Zmiany ilości tych składników były największe w produktach fermentowanych przy użyciu kultury starterowej zawierającej drożdże piekarskie i wyniosły, w zależności od etapu procesu, od 7 do 32 %. Wykazano, że proces prowadzenia ciasta żytniego oraz zastosowane mikroorganizmy w znacznym stopniu kształtują zawartość fruktanów w końcowym produkcie. Odpowiedni dobór parametrów procesu i stosowanych zakwasów pozwala na ograniczenie niekorzystnych zmian tych składników.

Słowa kluczowe: fruktany, żyto, ekstruzja, fermentacja mlekowa

Dr inż. I. Jasińska-Kuligowska, 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; dr inż. M. Kuligowski, mgr inż. P. Kołodziejczyk, prof. dr hab. J. Michniewicz, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

Wprowadzenie

Fruktany, obok pentozanów, są drugą pod względem ilościowym frakcją błonnika w ziarnie żyta i jego przetworach [3, 9, 11, 17]. Związki te są polimerami fruktozy zbudowanymi wyłącznie z cząsteczek β-D-fruktofuranozy oraz z cząsteczek β-D-fruktofuranozy i jednej, umieszczonej przeważnie na końcu łańcucha, cząsteczki α-D-glukopiranozy. W łańcuchu fruktanów cząsteczki β-D-fruktofuranozy połączone są wiązaniami β-(1,2) lub β-(6,2) lub wiązaniami β-(1,2) i β-(6,2) glikozydowymi. Cząsteczka glukozy połączona jest wiązaniem α-(1,2) albo α-(1,2) i α-(6,2) [12, 21, 25]. System trawienny człowieka nie ma zdolności do rozkładu wiązania β-(1,2) w łańcuchu fruktanów. Równocześnie, z uwagi na stymulujący wpływ na mikroflorę w jelicie grubym, fruktany zaliczane są do funkcjonalnych składników żywności – prebiotyków [5, 8, 12, 22].

Fruktany zawarte w zbożach zawierają do około 20 cząsteczek heksozy, są oligosacharydami nieredukującymi o wysokim stopniu rozpuszczalności. Obecność fruktanów stwierdzono w ziarnie wielu rodzajów zbóż. Najbogatszym źródłem fruktanów jest ziarno żyta, w którym zawartość tych związków wynosi 1,7 - 6,6 g/100 g s.m. W ziarnie pszenicy ilość fruktanów jest znacznie mniejsza i waha się od 0,9 do 2,3 g/100 g s.m. [3, 9, 11, 12, 17]. Zawartość fruktanów w ziarnach zbóż zależy od takich czynników, jak: genotyp, warunki klimatyczne uprawy, stan fizjologiczny ziarna [6].

Referencyjna metoda określania zawartości błonnika pokarmowego nie uwzględnia pomiaru fruktanów, dlatego też ilość tych związków powinna być doliczana do oznaczonej wartości błonnika w celu podania całkowitej ilości substancji nieulegających trawieniu w przewodzie pokarmowym człowieka. Zawartość błonnika po uwzględnieniu zawartości fruktanów w ziarnie żyta zwiększa się do 20,3 - 26,5 g/100 g s.m. i jest znacznie większa niż w pszenicy lub innych zbożach [6]. W procesach przetwórczych surowców zbożowych fruktany pełnią różnorodne funkcje technologiczne. Związki te, zwłaszcza o wyższym stopniu polimeryzacji, wykazują zdolności hydratacyjne, które w połączeniu ze zdolnością tworzenia roztworów o wysokiej lepkości mogą wpływać na takie cechy ciasta, jak wydajność i właściwości reologiczne, a także w efekcie końcowym, na trwałość pieczywa. Fruktany nie uczestniczą w reakcjach brązowienia nieenzymatycznego, a tym samym nie wpływają na zmianę barwy w procesach wytwarzania produktów, takich jak: płatki, otręby, zarodki czy preparowane ziarno. Mogą jednak, w niewielkim stopniu, wpływać na cechy sensoryczne produktów, ze względu na słodki smak (30 % słabszy od sacharozy) [5]. Przemiany fruktanów w trakcie procesów technologicznych zostały opisane w niewielkim stopniu, autorzy koncentrowali się głównie na procesie wypieku chleba [7, 20]. Polskie odmiany zbóż nie zostały dotychczas dobrze scharakteryzowane, opisano zawartość fruktanów w dwu odmianach żyta ‘Amilo’ i ‘Motto’ [6]. Opisywana metoda selekcji frakcji przemysło-

wych żyta [13] pozwoliła na uzyskanie surowca o dużej zawartości składników funkcjonalnych/bioaktywnych. W literaturze przedmiotu brak jest informacji, czy zwiększona ilość fruktanów w surowcu będzie skutkowała zwiększeniem ich stężenia w gotowym produkcie, czy też na skutek aktywności mikroorganizmów zawartość fruktanów zostanie zredukowana do określonego poziomu.

Ekstruzja w przemyśle spożywczym jest wykorzystywana m.in. do wytwarzania przekąsek, najczęściej z kukurydzy, ryżu i pszenicy. Opracowanie metody wytwarzania produktu przekąskowego z surowca żytniego za pomocą ekstruzji pozwoliłoby na wzbogacenie tego typu asortymentu o produkt o walorach prozdrowotnych. Zastosowanie fermentacji surowca przed procesem ekstruzji może w znaczący sposób zmienić jego właściwości sensoryczne, jednak obróbka mikrobiologiczna surowca przed procesem ekstruzji jest rzadko opisywana w literaturze [13]. Niekiedy proces fermentacji, poprzedzający obróbkę termiczną, stosowany jest do wytwarzania chleba chrupkiego.

Celem podjętych badań była ocena możliwości wytworzenia produktu żytniego zawierającego zwiększoną ilość fruktanów, poprzez określenie zawartości fruktanów w wybranych produktach przemiału żyta i prześledzenia zmian zawartości tych składników pod wpływem procesów fermentacji, ekstruzji i wypieku.

Materiał i metody badań

Próbki produktów przemiału ziarna żyta (mąki pasażowe) pochodziły z Przedsiębiorstwa Wielobranżowego "KOMPLEXMŁYN" w Wągrowcu oraz z lokalnych sklepów (mąka razowa 2000). Wzbogacona mąka żytnia (WMŻ) została skomponowana z wybranych frakcji przemysłowego przemiału ziarna żyta na podstawie wcześniejszych badań i charakteryzowała się wyraźnie większą w stosunku do surowca wyjściowego zawartością składników błonnika pokarmowego i fitoestrogenów – lignanów [13, 14].

Analizom poddawano także wybrane handlowe chrupkie pieczywo żytnie (PC), które zakupiono w lokalnych sklepach. Do analiz wybrano 4 próbki pieczywa o składzie podanym przez producenta:

- PC1 – mąka żytnia pełnoziarnista 86 %, otręby żytnie 6 %, woda, drożdże, sól,
- PC2 – mąka żytnia pełnoziarnista 93 %, woda, drożdże, sól,
- PC3 – mąka żytnia razowa, woda, cukier 2,5 %, sól 0,7 %,
- PC4 – mąka żytnia pełnoziarnista, woda, sól.

Produkty przemiału ziarna żyta poddawano fermentacji z zastosowaniem czystych kultur bakterii kwasu mlekowego *Lactobacillus plantarum*, fermentacji z udziałem handlowych kultur starterowych stosowanych do produkcji chleba żytniego oraz fermentacji spontanicznej. Uzyskane ciasta poddawano następnie wypiekowi oraz ekstruzji.

T a b e l a 1

Oznaczenia analizowanych próbek.
Abbreviations used to denote samples under analysis.

Rodzaj próby / Type of Sample	Oznaczenia próbek Abbreviations used to denote samples
WMŻ / ERF-enriched rye flour (1W 3m + 3W 3m + 4W 3m)	WMŻ C 0 ERF C 0
Ciasto otrzymane z WMŻ po fermentacji mlekowej – 18 h Dough obtained after 18 h fermentation	Ciasto C 18 Dough C 18
Ciasto otrzymane z WMŻ po fermentacji mlekowej – 24 h Dough obtained after 24 h fermentation	Ciasto C 24 Dough C 24
Ciasto otrzymane z WMŻ po fermentacji mlekowej – 30 h Dough obtained after 30 h fermentation	Ciasto C 30 Dough C 30
Ekstrudaty otrzymane przy użyciu ekstrudera jednoślimakowego z C 0 Extrudates obtained from C 0 using single screw extruder	Ekstrudaty J 0 Extrudates J 0
Ekstrudaty otrzymane przy użyciu ekstrudera jednoślimakowego z C 18 Extrudates obtained from C 18 using single screw extruder	Ekstrudaty J 18 Extrudates J 18
Ekstrudaty otrzymane przy użyciu ekstrudera jednoślimakowego z C 24 Extrudates obtained from C 24 using single screw extruder	Ekstrudaty J 24 Extrudates J 24
Ekstrudaty otrzymane przy użyciu ekstrudera jednoślimakowego z C 30 Extrudates obtained from C 30 using single screw extruder	Ekstrudaty J 30 Extrudates J 30
Ekstrudaty otrzymane metodą nawrotkową z C 0 Extrudates obtained from C 0 using double extrusion method	Ekstrudaty N 0 Extrudates N 0
Ekstrudaty otrzymane metodą nawrotkową z C 18 Extrudates obtained from C 18 using double extrusion method	Ekstrudaty N 18 Extrudates N 18
Ekstrudaty otrzymane metodą nawrotkową z C 24 Extrudates obtained from C 24 using double extrusion method	Ekstrudaty N 24 Extrudates N 24
Ekstrudaty otrzymane metodą nawrotkową z C 30 Extrudates obtained from C 30 using double extrusion method	Ekstrudaty N 30 Extrudates N 30

W pierwszym etapie badań materiał doświadczalny stanowiła WMŻ. Próbki WMŻ zaszczepiano inokulum bakterii *Lactobacillus plantarum*, szczep T 106, (Biolacta, Olsztyn). Fermentację mlekową przeprowadzano w ciągu: 18, 24 i 30 h. Uzyskane półprodukty – ciasta, poddawano ekstruzji (oznaczenia próbek podano w tab. 1). Proces prowadzono przy użyciu dwóch ekstruderów: jednoślimakowego (typ S-45 „Metalchem" Gliwice) oraz dwuślimakowego (Werner & Pfleiderer firmy Krupp). Stosowano metodę ekstruzji jednokrotnej z wykorzystaniem ekstrudera jednoślimako-

wego (profil temperaturowy 130/175/130 °C) oraz metodę ekstruzji dwukrotnej – nawrotkową. Ekstruzja nawrotkowa polegała na użyciu w pierwszej fazie ekstrudera dwuślimakowego (profil temperaturowy 130/170/130 °C), a następnie po rozdrabnianiu i dowilżaniu ekstrudatu zastosowanie w fazie drugiej ekstrudera jednoślimakowego (profil temperaturowy 130/175/130 °C).

Wilgotność surowca wynosiła 14 % w przypadku ekstrudera jednoślimakowego i 25 % w przypadku ekstrudera dwuślimakowego. Parametry pracy ekstruderów przy wykorzystaniu jako surowca mąki żytniej i pasażowych mąk żytnich ustalono na podstawie wykonanych wstępnych doświadczeń [13].

W kolejnym etapie badań przeprowadzano cykl doświadczeń z wykorzystaniem handlowej mąki żytniej typu 2000 w celu określenia wpływu procesów tradycyjnego prowadzenia ciasta żytniego oraz wypieku i ekstruzji na zawartość fruktanów. Fermentację z wykorzystaniem zakwasów piekarskich przeprowadzano, uwzględniając zalecenia i wskazówki producentów zakwasów. Stosowano 2 zakwasy handlowe przeznaczone do fermentacji ciasta żytniego:

- zakwas A – według danych producenta zawierał bakterie *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis, Lactobacillus sanfranciscensis* oraz drożdże naturalnie występujące w zakwasach żytnich,
- zakwas B – według danych producenta zawierał bakterie *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis, Lactobacillus sanfranciscensis* oraz drożdże piekarskie.

Fermentacja spontaniczna (zakwas S) obejmowała wytwarzanie zaczątku w wyniku samoczynnej fermentacji, a następnie otrzymywanie ciasta w wyniku 5-fazowej fermentacji [2, 10]. Ciasta sporządzano przy użyciu miesiarki do ciast firmy Bosch, typ MUM86A1. Z części ciast uzyskanych w wyniku fermentacji z zastosowaniem zakwasów oraz uzyskanych w wyniku spontanicznej fermentacji wydzielano kęsy, które poddawano wypiekowi. Do foremek odważano 400 g ciasta i wypiekano w temp. 230 °C przez 30 min. Ekstruzję przeprowadzano metodą nawrotkową. Oznaczenia próbek podano w tab. 2.

Do doświadczeń analitycznych próbki rozdrabniano do wielkości cząstek poniżej 500 μm w laboratoryjnym młynku udarowym WŻ-1, produkcji ZBPP w Bydgoszczy. Zawartość fruktanów oznaczano w ziarnie i mące żytniej typu 580, 720, 2000, WMŻ oraz w produktach przemysłowego przemiału ziarna żyta. Analizom poddawano również otrzymany z zastosowaniem zakwasów chleb żytni, międzyprodukty piekarskie: kwas i ciasto oraz ekstrudaty.

Oznaczenie zawartości fruktanów w badanych próbach wykonywano przy użyciu zestawu odczynników Fructan Assay Kit firmy Megazyme [1]. Pomiaru absorbancji dokonywano przy długości fali $\lambda = 410$ nm, przy użyciu spektrofotometru CECIL C 1011, 1000 SERIES (Cecil Instruments Ltd.). Zawartość fruktanów podano w przeliczeniu na fruktozę i wyrażono w procentach suchej masy próbki.

T a b e l a 2

Oznaczenia analizowanych próbek.
Abbreviations used to denote samples under analysis.

Rodzaj próby / Sample	Oznaczenia próbek Abbreviations used to denote samples
Kwas uzyskany z zakwasu A / Sourdough obtained from leaven A	Kwas A / Leaven A
Ciasto uzyskane z zakwasu A / Dough obtained from leaven A	Ciasto A / Dough A
Ciasto A poddane suszeniu przed ekstruzją Dough A dried before extrusion	Ciasto wys. A Dried dough A
Chleb uzyskany z zakwasu A / Bread made from leaven A	Chleb A / Bread A
Kwas uzyskany z zakwasu B / Sourdough obtained from leaven B	Kwas B / Leaven B
Ciasto uzyskane z zakwasu B / Dough obtained from leaven B	Ciasto B / Dough B
Ciasto B poddane suszeniu przed ekstruzją Dough B dried before extrusion	Ciasto wys. B Dried dough B
Chleb uzyskany z zakwasu B / Bread made from leaven B	Chleb B / Bread B
Kwas uzyskany w wyniku fermentacji spontanicznej Sourdough obtained after spontaneous fermentation	Kwas S / Leaven S
Ciasto uzyskane z zakwasu S / Dough obtained from leaven S	Ciasto S / Dough S
Ciasto S poddane suszeniu przed ekstruzją Dough S dried before extrusion	Ciasto wys. S Dried dough S
Chleb uzyskany z zakwasu S / Bread made from leaven S	Chleb S / Bread S
Ekstrudaty otrzymane z mąki razowej fermentowanej zakwasem A Extrudates obtained from dried dough A	Ekstrudaty A Extrudates A
Ekstrudaty otrzymane z mąki razowej fermentowanej zakwasem B Extrudates obtained from dried dough B	Ekstrudaty B Extrudates B
Ekstrudaty otrzymane z mąki razowej fermentowanej zakwasem S Extrudates obtained from dried dough S	Ekstrudaty S Extrudates S

Analizę statystyczną przeprowadzano z wykorzystaniem programu MicroSoft Excel 2003 oraz Statistica 8.0 StatSoft. Stosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic wartości średnich weryfikowano testem Tukeya przy poziomie $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Analiza fruktanów w wybranych produktach przemysłowego przemiału ziarna żyta wykazała, że mąki pasażowe charakteryzowały się zróżnicowaną ich zawartością (tab. 3). Największą zawartość fruktanów oznaczono w trzecich mąkach z 3. i 4. pasa-

żu wymiałowego (3W 3m, 4W 3m). Zawartość fruktanów w ziarnie żyta, mące razowej i WMŻ wynosiła odpowiednio 5,02, 5,56 i 6,10 % s.m.

T a b e l a 3

Zawartość fruktanów w wybranych produktach przemiału ziarna żyta.
Content of fructans in selected rye kernel milling products.

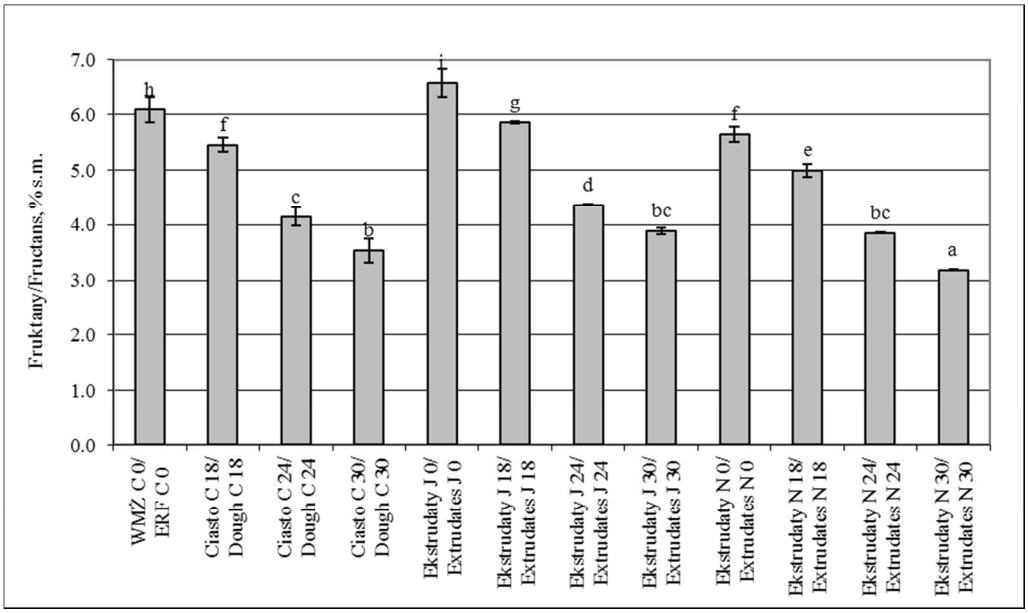
Produkty przemiału Milling Products	Rodzaj produktu Type of product	Fruktany / Fructans [% s.m.] / [% d.m.]	
		$\bar{x}$	s / SD
Mąki śrutowe Break flours	I sr. 2m	3,78[a]	± 0,057
	II sr.kaszka	5,26[d]	± 0,032
	III sr. 2m	4,13[b]	± 0,041
	IV sr. 2m	4,17[b]	± 0,059
	V sr. 2m	5,56[de]	± 0,142
	VI sr. 2m	5,10[c]	± 0,042
Mąki wymiałowe Reduction flours	1W 3m	5,85[e]	± 0,082
	2W 3m	5,22[cd]	± 0,131
	3W 3m	6,16[f]	± 0,030
	4W 3m	6,21[f]	± 0,124
Typ mąki / Type of flour	typ 580	3,89[a]	± 0,117
	typ 720	4,13[b]	± 0,069

Objaśnienia: / Explanatory notes:
wartości średnie ($\bar{x}$) oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie p = 0,05 / mean values ($\bar{x}$) denoted using the same letters do not differ statistically significantly at p = 0.05; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; n = 4.

Uzyskane wyniki są zgodne z danymi podawanymi przez innych autorów, którzy również obserwowali różnice pod względem zawartości fruktanów w zależności od części anatomicznej ziarna, z której pochodziły analizowane produkty. Z danych tych wynika, że najwięcej fruktanów było w otrębach – od 6,6 do 7,7 g/100 g s.m. [15, 16, 17], natomiast najmniej w mąkach jasnych – na poziomie 3,1 g/100 g s.m. [17], aczkolwiek niektórzy autorzy oznaczali podobnie niskie ilości w całym ziarnie żyta – od 1,7 do 3,3 g/100 g s.m. [11, 19].

Procesy ekstruzji i fermentacji w znaczny sposób wpłynęły na oznaczane składniki błonnika pokarmowego. Czas procesu fermentacji z zastosowaniem bakterii *Lactobacillus plantarum* wywierał istotny wpływ na zmniejszenie zawartości fruktanów. Po 30 h fermentacji zawartość fruktanów zmniejszyła się z 6,1 % s.m do 3,5 % s.m. Proces ekstruzji z wykorzystaniem ekstrudera jednoślimakowego spowodował nieznaczny wzrost zawartości fruktanów, natomiast ekstruzja metodą nawrotkową zmniejszała

ilość tych składników. Najmniejszą zawartością fruktanów – 3,2 % s.m. charakteryzowała się próba N 30, otrzymana w wyniku ekstruzji ciasta metodą nawrotkową po fermentacji trwającej 30 h (rys. 1).



Oznaczenia jak w tab. 1. Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie p = 0,05 / Abbreviations to denote samples as in Tab. 1. Mean values denoted using the same letter do not differ statistically significantly at p = 0.05.

Rys. 1. Zawartość fruktanów w produktach fermentacji z zastosowaniem *Lactobacillus plantarum* i ekstruzji.

Fig. 1. Content of fructans in products fermented using *Lactobacillus plantarum* and extruded.

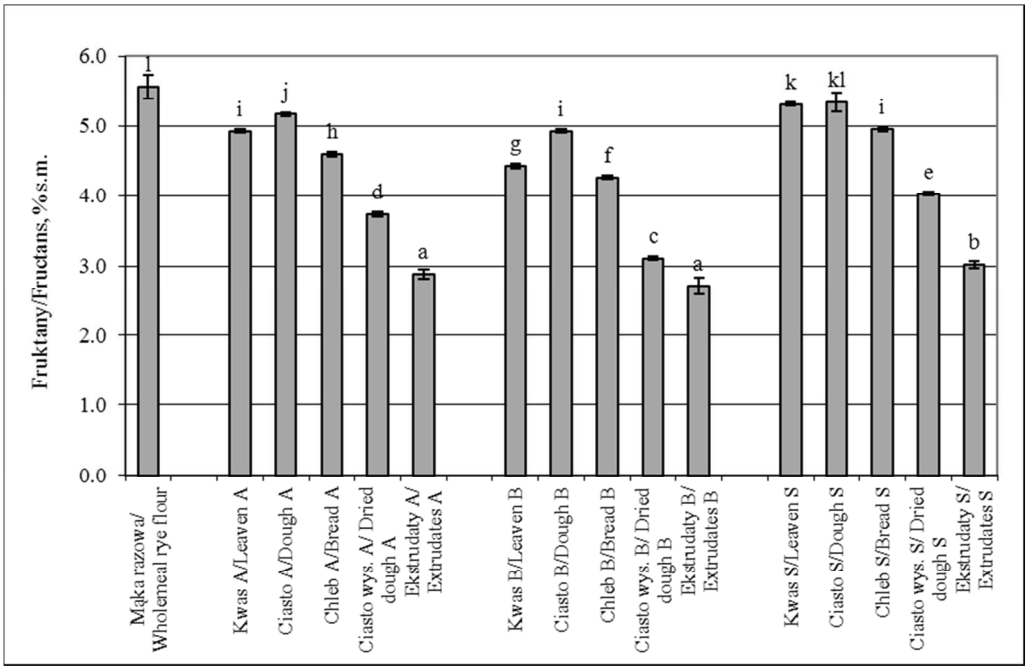
W kolejnym etapie badań zastosowano fermentację typową dla produkcji chleba żytniego na zakwasie. Zabieg ten miał poprawić cechy smakowo-zapachowe oraz poprzez dodatek świeżej mąki wyrównywać ubytek substancji prozdrowotnych, m.in. fruktanów. Fermentacja z zastosowaniem zakwasów, podobnie jak fermentacja przy użyciu czystych kultur bakterii *Lactobacillus plantarum*, wpłynęła w istotny sposób na zmniejszenie zawartości fruktanów w badanych próbkach (rys. 2). Dodatek świeżej mąki w procesie produkcji pieczywa w nieznacznym stopniu spowodował zwiększenie zawartości fruktanów w stosunku do kwasu, natomiast wypiek przyczynił się do dalszego zmniejszenia ilości tych związków. Suszenie ciasta chlebowego przed procesem ekstruzji znacznie zmniejszyło zawartość fruktanów, z 5,17 do 3,73 % s.m. w przypadku fermentacji zakwasem A, z 4,93 do 3,10 % s.m. – zakwasem B oraz z 5,35 do 4,03 % s.m. w przypadku fermentacji spontanicznej. Było to spowodowane aktywno-

ścią mikroorganizmów stosowanych do fermentacji, które nie były inhibowane w początkowym etapie procesu suszenia. Podobne zmniejszenie ilości fruktanów obserwowano przy stosowaniu do fermentacji bakterii *Lactobacillus plantarum* w pierwszym etapie badań (rys. 1). Proces ekstruzji metodą nawrotkową również spowodował zmniejszenie zawartości analizowanych składników, która w ekstrudatach stanowiła 2,88, 2,71 i 3,01 % s.m., odpowiednio w ekstrudatach A, B i S. Podczas ekstruzji metodą nawrotkową ciasta fermentowanego przy użyciu bakterii *Lactobacillus plantarum* również obserwowano zmniejszenie ilości fruktanów, podczas gdy ekstruzja z wykorzystaniem tylko ekstrudera jednoślimakowego nie powodowała tego typu zmian (próba J 0) (rys. 2). Na zawartość fruktanów największy wpływ miał jednak proces fermentacji.

W dostępnej literaturze [3, 6, 7, 23] podane są informacje o badaniach nad zmianami fruktanów po fermentacji z udziałem bakterii fermentacji mlekowej i drożdży oraz wyłącznie drożdży, dlatego postanowiono przetestować nieopisaną fermentację z udziałem wyłącznie bakterii fermentacji mlekowej.

Procesy zachodzące podczas przygotowania ciasta, fermentacji i wypieku w dużym stopniu wpływają na zmniejszenie zawartości fruktanów. Fermentacja z zastosowaniem zakwasów i drożdży przyczynia się do degradacji tych związków [6, 23]. Anderson i wsp. [3] badali zmiany ilości fruktanów podczas wytwarzania chleba żytniego różnymi metodami. Największy ubytek fruktanów (z 5 do 1,9 %) obserwowali przy fermentacji z jednoczesnym wykorzystaniem bakterii i drożdży, natomiast przy użyciu wyłącznie drożdży zmiany były znacznie mniejsze (z 5 do 3,4 %). Zawartość fruktanów zmniejszyła się również w badaniach przeprowadzonych przez Boskova-Hansena i wsp. [7] – z 6,2 g/100 g s.m. w pełnoziarnistej mące żytniej, do 4,1 g/100 g s.m. w cieście i 3,4 g/100 g s.m. w miękiszu pieczywa. Biesiekierski i wsp. [4] stwierdzili różnice zawartości fruktanów w handlowym pieczywie żytnim, w zależności od metody produkcji i rodzaju zastosowanej mąki. W chlebie zawartość fruktanów [g/100 g pieczywa] wynosiła: w jasnym 1,05, w ciemnym 1,42, natomiast w chlebie otrzymanym na zakwasie 1,07. Król i Grzelak [20] nie stwierdzili obecności fruktooligosacharydów (FOS) w chlebie żytnim (70 % mąki żytniej i 30 % mąki pszennej) i pszennym (70 % mąki pszennej i 30 % mąki żytniej) otrzymanym na zakwasie z dodatkiem drożdży piekarskich, zakupionym w tradycyjnych, lokalnych polskich piekarniach. Fruktany są hydrolizowane przez inwertazę drożdżową do fruktozy, stąd mogą częściowo zastępować sacharozę w procesie produkcji pieczywa, a tym samym ich zawartość w produkcie końcowym ulega zmniejszeniu [8]. Według Katina i wsp. [18] proces fermentacji, wpływający na rozpad ścian komórek, może prowadzić do uwalniania lub syntezy różnorodnych związków aktywnych. W trakcie fermentacji enzymy natywne ziarna oraz wytworzone w trakcie fermentacji (m.in. amylazy, ksylanazy, proteazy) biorą udział w modyfikacji składu chemicznego surowca, wpływając również na za-

wartość fruktanów. Zastosowanie różnorodnych wariantów fermentacji pozwala na ocenę możliwości modelowania właściwości prozdrowotnych produktów żywnościowych za pomocą obróbki mikrobiologicznej.



Oznaczenia jak w tab. 2. Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami dla poszczególnych oznaczanych parametrów nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie p = 0,05 / Abbreviations to denote samples as in Tab. 2. Mean values denoted using the same letter for individually determined parameters do not differ statistically significantly at p = 0.05.

Rys. 2. Wpływ fermentacji z zastosowaniem zakwasów i obróbki termicznej (ekstruzja i wypiek) na zawartość fruktanów.

Fig. 2. Effect of lactic acid fermentation with the use of leaven and thermal processing (extrusion and baking) on content of fructans.

Spośród badanych próbek pieczywa chrupkiego największą zawartością fruktanów (4,51 % s.m.) charakteryzowało się pieczywo PC3 (tab. 4). Zawartość tych składników była natomiast najmniejsza (3,08 % s.m.) w pieczywie PC2, co prawdopodobnie było spowodowane dodatkiem drożdży i fermentacją, gdyż pieczywo to miało lekko kwaśny smak. W porównaniu z badanymi handlowymi próbkami pieczywa chrupkiego zbliżoną zawartością fruktanów charakteryzowały się ekstrudaty S otrzymane z WMŻ z zastosowaniem fermentacji spontanicznej (rys. 2).

T a b e l a 4

Zawartość fruktanów w handlowym pieczywie chrupkim.
Content of fructans in commercial rye crisp bread.

Rodzaj produktu / Type of product	Fruktany / Fructans [% s.m. / d.m.]	
	$\bar{x}$	s / SD
Pieczywo chrupkie / Crisp bread PC1	3,67[b]	± 0,026
Pieczywo chrupkie / Crisp bread PC2	3,08[a]	± 0,028
Pieczywo chrupkie / Crisp bread PC3	4,51[c]	± 0,136
Pieczywo chrupkie / Crisp bread PC4	4,28[c]	± 0,118

Objaśnienia: / Explanatory notes:
wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie p = 0,05 / mean values denoted using the same letters do not differ statistically significantly at p = 0.05.

Rakha i wsp. [24] w analizowanych próbkach żytniego pieczywa chrupkiego oznaczyli fruktany na poziomie od 2,2 g/100 g s.m. w produktach handlowych, które miały w składzie drożdże i zakwas, do 4,0 g/100 g s.m. w produktach otrzymanych z mąki niepoddanej fermentacji. Natomiast w badaniach Biesiekierskiego i wsp. [4], zawartość fruktanów w handlowym pieczywie chrupkim wynosiła 4,6 g/100 g pieczywa.

Zastosowana przez autorów niniejszej pracy technologia pozwoliła na uzyskanie produktów o większej zawartości fruktanów od opisywanej w literaturze o 1 do 4,4 % (rys. 1).

Wnioski

1. Produkty przemiału ziarna żyta charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością fruktanów. Frakcje pochodzące z końcowych pasaży śrutowych i wymiałowych zawierały znacznie więcej tych związków w porównaniu z mąkami otrzymanymi w początkowych etapach przemiału oraz z mąkami handlowymi.
2. Fermentacja surowca zarówno z zastosowaniem czystych kultur bakterii *Lactobacillus plantarum,* jak i handlowych kultur starterowych spowodowała zmniejszenie zawartości fruktanów w analizowanych próbkach. Istotny wpływ na poziom fruktanów wywierała obecność drożdży piekarskich w zakwasach. Najmniejsze ubytki fruktanów obserwowano w przypadku zastosowania zakwasu wytworzonego podczas fermentacji spontanicznej.
3. Zastosowane procesy termiczne – ekstruzja nawrotkowa i wypiek spowodowały zmniejszenie zawartości fruktanów. Jedynie proces ekstruzji jednokrotnej z wykorzystaniem ekstrudera jednoślimakowego powodował przyrost ilości tych składników błonnika pokarmowego.

4. Proces prowadzenia ciasta oraz zastosowana mikroflora mają istotny wpływ na zawartość fruktanów w produkcie końcowym. Możliwe jest ograniczenie strat fruktanów poprzez dobór odpowiednich parametrów procesu.

Praca była finansowana ze środków KBN w ramach projektu 2 P06T 015 2 oraz środków MNiSzW w ramach projektu badawczego N N312 212838.

Literatura

[1] AACC Method: Approved methods of the AACC, 32.32, 10th ed. St. Paul Minn., 2000, AACC.
[2] Ambroziak Z. (Red.): Piekarstwo i ciastkarstwo. WNT, Warszawa 1988, s. 648.
[3] Andersson R., Fransson G., Tietjen M., Åman P.: Content and molecular-weight distribution of dietary fiber components in whole-grain rye flour and bread. J. Agric. Food Chem., 2009, **57**, 2004-2008.
[4] Biesiekierski J.R., Rosella O., Rose R., Liels K., Barrett J.S., Shepherd S.., Gibson P.R., Muir J.G.: Quantification of fructans, galacto-oligosacharides and other short-chain carbohydrates in processed grains and cereals. J. Hum. Nutr. Diet., 2011, **24**, 154-176.
[5] Bornet F.R.J., Brouns F., Tashiro Y., Duvillier V.: Nutritional aspects of short-chain fructooligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and health implications. Dig. Liver Dis., 2002, **34 (2)**, 111-120.
[6] Boskov-Hansen H., Rasmussen C.V., Bach Knudsen K.E., Hansen A.: Effects of genotype and harvest year on contents and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L) grain. J. Sci. Food Agric., 2003, **83**, 76-85.
[7] Boskov-Hansen H., Andersen M.F., Nielsen L.M., Bach Knudsen K-E., Meyer A.S., Christensen L.P., Hansen A.: Changes in dietary fibre, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread making. Eur. Food Res. Technol., 2002, **214**, 33-42.
[8] Escrivá C., Martínez-Anaya M.A.: Influence of enzymes on the evolution of fructosans in sourdough wheat processes. Eur. Food Res. Technol., 2000, **210**, 286-292.
[9] Fretzdorff B., Welge N.: Fructan and raffinose contents in cereals and pseudo-cereal grains. Getreide Mehl Brot, 2003, **57**, 3-8.
[10] Gąsiorowski H. (Red.): Żyto chemia i technologia. PWRiL, Poznań 1994, s. 289.
[11] Glitsø L.V., Bach Knudsen K.E.: Milling of whole grain rye to obtain fractions with different dietary fibre characteristics. J. Cereal Sci., 1999, **29**, 89-97.
[12] Haskå L., Nyman M., Andersson R.: Distribution and characterisation of fructan in wheat milling fractions. J. Cereal Sci., 2008, **48**, 768-774.
[13] Jasińska I., Kołodziejczyk P., Michniewicz J.: Charakterystyka i wykorzystanie produktów przemiału ziarna żyta o zwiększonej zawartości wybranych składników prozdrowotnych do produkcji ekstrudatów. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna 2009, **14 (1)**, 16-22.
[14] Jasińska I., Kołodziejczyk P., Michniewicz J.: Ziarno żyta jako potencjalne źródło składników prozdrowotnych w diecie. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **2 (47)** Supl., 85-92.
[15] Karppinen S., Kiiliäinen K., Liukkonen K., Forssell P., Poutanen K.: Extraction and *in vitro* fermentation of rye bran fractions. J. Cereal Sci., 2001, **34**, 269-278.
[16] Karppinen S., Liukkonen K., Aura A.-M., Forssell P., Poutanen K.: *In vitro* fermentation of polysaccharides of rye, wheat and oat brans and inulin by human faecal bacteria. J. Sci. Food Agric., 2000, **80**, 1469-1476.
[17] Karppinen S., Myllymäki O., Forssell P., Poutanen K.: Fructan content of rye and rye products. Cereal Chem., 2003, **80**, 168-171.

[18] Katina K., Liukkonen K.H., Kaukovirta N.A., Adlercreutz H., Heinonen S.M., Lampi A.M., Pihlava J.M., Poutanen K.: Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. J. Cereal Sci., 2007, **46**, 348-355.
[19] Knudsen Bach K.E.: Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. Anim. Feed Sci. Technol., 1997, **67**, 319-338.
[20] Król B., Grzelak K.: Qualitative and quantitative composition of fructooligosaccharides in bread. Eur. Food Res. Technol., 2006, **223**, 755-758.
[21] Lewis D.H.: Nomenclature and diagrammatic representation of oligomeric fructans - a paper for discussion. New Phytol., 1993, **123**, 583-594.
[22] Marx S.P., Winkler S., Hartmeier W.: Metabolization of β-(2,6)-linked fructose-oligosaccharides by different bifdobacteria. FEMS Microbiol. Letters, 2000, **182**, 163-169.
[23] Nilsson U., Öste R., Jägerstad M.: Cereal fructans: Hydrolysis by yeast invertase, *in vitro* and during fermentation. J. Cereal Sci., 1987, **6**, 53-60.
[24] Rakha A., Åman P., Andersson R.: Characterisation of dietary fibre components in rye products. Food Chem., 2010, **119**, 859-867.
[25] Vijn I., Smeekens S.: Fructan: More than a reserve carbohydrate? Plant Physiol., 1999, **120**, 351-359.

EFFECT OF FERMENTATION, EXTRUSION AND BAKING PROCESSES ON CONTENT OF FRUCTANS IN RYE PRODUCTS

S u m m a r y

Rye kernel is a source of many nutritionally valuable food components. Among them, there are fructans that show prebiotic properties. However, those components are not included into analytical methods that determine the content of dietary fibre in cereals. In this research study characterized were the selected intermediate products obtained from the industrial milling of rye kernels as regards the content of fructans therein. The effects of technological processes: lactic acid fermentation, extrusion, and baking were analyzed on the amount of fructans in rye products. Furthermore, the content of fructans was determined in the samples of commercial rye crisp bread available in the market in Poland. It was found that the passage rye flours were characterized by a variable content of fructans. The flour fractions obtained from the final break and reducing passages contained substantially higher amounts of those components of dietary fibre than the flours obtained from the initial stages of rye milling process or from commercial flours. Of all the hydrothermal processes studied, only the extrusion process using a one-screw extruder caused the content of fructans to increase by ca. 8 %. The lactic acid fermentation process with the use of pure culture of *Lactobacillus plantarum* caused the content of fructans to essentially decrease by 10, 32, and 42 % in proportion to the time duration of the fermentation process (18, 24 and 30 h). It was also reported that the content of fructans decreased in the samples fermented with the use of commercial starter cultures. Changes in the amounts of those components were the highest in the products fermented using a baker's yeast containing starter culture; the level of those changes was from 7 to 32 % depending on the fermentation stage. It was proved that the method of preparing dough and the micro-organism applied impacted the content of fructans in the final product. It is possible to reduce disadvantageous changes in the amounts of those components through the proper selection of the process parameters and the use of proper leaven types.

Key words: fructans, rye, extrusion, lactic acid fermentation

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 142 – 153

ADAM KOPEĆ, ALDONA BAĆ

WPŁYW DODATKU MĄKI ŁUBINOWEJ NA JAKOŚĆ CHLEBA PSZENŻYTNIEGO

S t r e s z c z e n i e

W badaniach określono wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość chleba pszenżytniego. Zastosowano pięć różnych wielkości dodatku mąki łubinowej [% (m/m)]: 3, 5, 7, 9 i 12 w stosunku do masy mąki pszenżytniej, a wypieczone chleby porównano z próbą kontrolną. Z przeprowadzonych badań wynika, że dodatek mąki łubinowej do mąki pszenżytniej w ilości do 9 % wpłynął korzystnie na jakość otrzymanego pieczywa. Mąka łubinowa istotnie wpłynęła na smak i zapach produktu. Chleb miał przyjemny orzechowy smak i aromat. Większy dodatek tej mąki spowodował jednak obniżenie jakości sensorycznej chleba, głównie smaku i zapachu. Chleb z większą zawartości mąki łubinowej charakteryzował się gorzkawym smakiem i wyczuwalny był zapach charakterystyczny dla roślin strączkowych. Wraz ze wzrostem dodatku mąki łubinowej skróceniu ulegał czas wypieku oraz zmniejszały się: strata wypiekowa całkowita, porowatość i objętość wypieczonych chlebów. Dodatek mąki łubinowej wpłynął na zwiększenie wilgotności i kwasowości miękiszu.

Słowa kluczowe: łubin, pszenżyto, chleb, punktowa ocena sensoryczna, strata wypiekowa całkowita

Wprowadzenie

Produkty żywnościowe otrzymywane z roślin zbożowych i strączkowych stanowią podstawę zaopatrzenia w niezbędne składniki odżywcze prawie 75 % ludności świata. Pieczywo – po mleku i jego przetworach oraz ziemniakach– stanowi trzecią pod względem spożycia grupę produktów [5]. Postęp w technologii żywności, zmienność upodobań konsumentów oraz troska o zdrowie sprawiły, że zwiększyły się wymagania jakościowe w stosunku do produktów spożywczych [8, 22]. Nadal jednak ważne są cechy sensoryczne, w tym smak, zapach i wygląd, wartość odżywcza, jak również trwałość, co potwierdzają badania preferencji konsumenckich [24]. Ze względu na powszechność spożycia pieczywa warto wzbogacać jego skład chemiczny, mo-

Dr inż. A. Kopeć, inż. Aldona Bać, Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Wydz. Mechaniczny, Politechnika Koszalińska, ul. Racławicka 15-17, 75-620 Koszalin

dyfikować receptury i zmieniać proces technologiczny, aby uzyskać produkt o odpowiedniej smakowitości i wysokiej wartości odżywczej.

Chleb zawiera od 45 do 49 % węglowodanów, od 4,5 do 8,3 % substancji białkowych, ok. 1 % tłuszczu, od 0,2 do 1,5 % błonnika, ok. 1,5 % związków mineralnych w postaci popiołu oraz od 42 do 48 % wody [1, 13].

Białka występujące w produktach zbożowych nie są pełnowartościowe pod względem zestawu i zawartości niezbędnych aminokwasów. Dlatego też pieczywo wzbogaca się poprzez wprowadzanie do mąki chlebowej preparatów białkowych lub zastosowanie naturalnych surowców bogatych w białka. Do takich surowców zalicza się m.in. mąkę łubinową. Inne dodatki wzbogacające wartość odżywczą pieczywa to: mąka sojowa i białkowe produkty sojowe, koncentraty białkowe z grochu, mleko w proszku, serwatka, nasiona dyni, orzechy, drożdże, nasiona lnu, świeże lub suszone owoce [3, 11, 12].

Pszenżyto (*Triticale*) wprowadzono do uprawy pod koniec XX w. Obecnie zarejestrowanych jest 29 odmian tradycyjnych i 9 krótkosłomych [9]. Mąka pszenżytnia jest mało popularna jako surowiec w piekarnictwie. Poszukuje się jednak możliwości jej wykorzystania do wypieku chleba. Mąka ta charakteryzuje się dużą wodochłonnością, krótszym czasem rozwoju i stałością ciasta. Ciasto pszenżytnie różni się od ciasta pszennego i żytniego, wykazuje małą rozciągliwość i elastyczność oraz dużą lepkość. Struktura i właściwości są podobne do ciasta z mąki pszennej o niskiej jakości, a czas rozwoju, lepkość i stałość upodabniają je do ciasta żytniego [20].

Łubin (*Lupinus*) jest dobrym źródłem białka. W Polsce na cele spożywcze wykorzystuje się trzy niskoalkaloidowe gatunki łubinu: żółty, biały i wąskolistny. Najwyższą, 46-procentową zawartością białka w nasionach charakteryzuje się łubin żółty (*Lupinus luteus*). W łubinie białym i wąskolistnym jest go od 28 do 46 %. Wydajność białka łubinu jest dwukrotnie większa od wydajności białka uzyskanego z pszenicy w optymalnych warunkach środowiskowych [2, 7]. Mąka łubinowa pod względem zawartości podstawowych składników jest podobna do mąki sojowej, zawiera natomiast mniej składników nieodżywczych. Alkaloidy występujące w nasionach łubinu zaliczane są do grupy toksycznych składników nieodżywczych. Słodkie odmiany łubinu zawierają od 0,05 do 0,09 % tych związków. Nasiona, w zależności od odmiany, zawierają od 4 do 10 % tłuszczu, a kwasy tłuszczowe w ponad 80 % składają się z kwasów nienasyconych. Podstawowy jest kwas oleinowy, stanowiący 55 % ogólnej zawartości kwasów, dominujący głównie w łubinie białym. Pod względem składu chemicznego kwasy tłuszczowe nasion łubinu i orzecha arachidowego są do siebie zbliżone [6]. Wśród roślin strączkowych łubin charakteryzuje się największą zawartością niacyny, a ryboflawina w łubinie przewyższa zawartość tej witaminy w pszenicy.

Prowadzone są prace nad możliwością wykorzystania nasion łubinu w przemyśle piekarskim. Największe doświadczenie w tym zakresie mają kraje Ameryki Południo-

wej, w których wypieka się chleb z udziałem 3 – 15 % mąki łubinowej. W Polsce wykonano próbne wypieki chleba z dodatkiem mąki łubinu w ilości od 6 do 15 %. Uzyskany efekt zależał nie tylko od wielkości dodatku, ale także od postaci, w jakiej preparat był wprowadzany oraz od jakości mąki. Kilkuprocentowy dodatek mąki łubinowej do mąki zbożowej korzystnie wpływał na walory sensoryczne chleba i zwiększał jego wartość odżywczą [3, 16, 17, 18]. Mohamed i Rayas-Duarte [19] oraz Derwas [4] również potwierdzili korzystny wpływ mąki łubinowej na wartość wypiekową mąki chlebowej.

Ograniczeniem w wykorzystywaniu mąki łubinowej jako dodatku do mąk chlebowych jest charakterystyczny smak i zapach łubinu, określany jako „fasolowy" lub „grochowy". Zbyt duży dodatek tego składnika może zmniejszać atrakcyjność konsumpcyjną chleba. Cechy te w łubinie są uzależnione od obecności polifenoli, przede wszystkim tanin. Tworzą one wiązania z białkami i aminokwasami, węglowodanami oraz związkami mineralnymi, w wyniku czego powstają kompleksy nietrawione w przewodzie pokarmowym. Taniny modyfikują zapach, smak i barwę produktów z dodatkiem łubinu. Często zmiany te są niepożądane [14]. W celu polepszenia przydatności spożywczej nasion łubinu Lampart-Szczapa i wsp. [17] prowadzili badania, w których preparaty łubinowe poddawano procesom fermentacji mlekowej i ekstruzji [17].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku mąki łubinowej na jakość pieczywa wypieczonego z mąki pszenżytniej.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym było ziarno pszenżyta odmiany 'Krakowiak' oraz nasiona łubinu żółtego odmiany 'Markiz'. Tę odmianę łubinu wybrano ze względu na największą zawartość białka w nasionach wśród odmian niskoalkaloidowych. Surowce do przemiału zakupiono w Centrali Nasiennej w Koszalinie. Łuski nasion łubinu naruszano mechanicznie, a następnie obłuszczano ręcznie. Ziarno pszenżyta i nasiona łubinu rozdrabniano w młynku Falling Number AB, typ 120. Przemiały przesiewano przez sito o wymiarze oczek 230 μm. Mielenie i przesiewanie wykonywano w Pracowni Technologicznej Katedry Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej.

Uzyskane mąki używano do produkcji chleba metodą bezpośrednią według instrukcji Instytutu Piekarnictwa w Berlinie. Z mąki pszenżytniej wyrabiano ciasta różniące się dodatkiem mąki łubinowej. Zastosowano pięć dodatków mąki łubinowej [% (m/m)]: 3, 5, 7, 9 i 12 w stosunku do masy mąki pszenżytniej. Sporządzono również ciasto chlebowe bez dodatku mąki łubinowej (próba kontrolna). Po wstępnej fermentacji kęsy ciasta o masie 300 g formowano i umieszczano w foremkach. Po zakoń-

czeniu fermentacji chleby wypiekano w piecu do próbnych wypieków, w temp. 225 °C.

W mące pszenżytniej oznaczano: wilgotność w wagosuszarce MAC-50, wodochłonność na konsystografie Radkiewicza, typ SZ [21, 23] oraz zawartość związków mineralnych w postaci popiołu zgodnie z normą PN-ISO 2171 [25], po czym określano jej typ.

Chleby poddawano badaniom po 24 h od wypieku zgodnie z normą PN-A-74108:1996 [26]. Analiza sensoryczna pieczywa polegała na: ocenie wyglądu zewnętrznego, objętości i kształtu, ocenie skórki i miękiszu, jak również ocenie smaku i zapachu. Ocen tych dokonywał pięcioosobowy, przeszkolony zespół w Pracowni Analizy Sensorycznej Katedry Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej. W chlebach oznaczano: stratę wypiekową całkowitą, objętość pieczywa w aparacie Sa-Wy, wilgotność w wagosuszarce MAC-50 oraz kwasowość [9, 26]. Jakość pieczywa określano na podstawie wyróżników sensorycznych i fizykochemicznych, a następnie wyrażano w skali oceny punktowej zgodnie z PN-79/-74108:1996 [24] i PN-93/A-74103 [27].

Wszystkie oznaczenia chlebów przeprowadzono trzykrotnie. Błąd oznaczeń wyliczano z przedziału ufności wyznaczanego na podstawie teorii estymacji przedziałowej, z wykorzystaniem rozkładu t-Studenta, dla liczby oznaczeń w serii n = 3 i poziomu istotności p = 0,05. Obliczone błędy przedstawiono graficznie na rysunkach.

Wyniki i dyskusja

W tab. 1. przedstawiono wyniki badań mąki pszenżytniej. Wykazano, że surowcem do próbnego wypieku była mąka typu 750 o wilgotności 14,63 % i wodochłonności 62,01 %. Uzyskane wyniki są zgodne z wymaganiami odnoszącymi się do mąki pszennej i żytniej [21, 25, 29, 30].

Na rys. 1. przedstawiono wpływ dodatku mąki łubinowej na stratę wypiekową całkowitą chlebów pszenżytnich. Stwierdzono, że wraz ze zwiększaniem udziału mąki łubinowej malała całkowita strata wypiekowa. Największą stratę zaobserwowano w przypadku pieczywa bez dodatku mąki łubinowej – 14,16 %, najmniejszą zaś w pieczywie z 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej – 7,33 %.

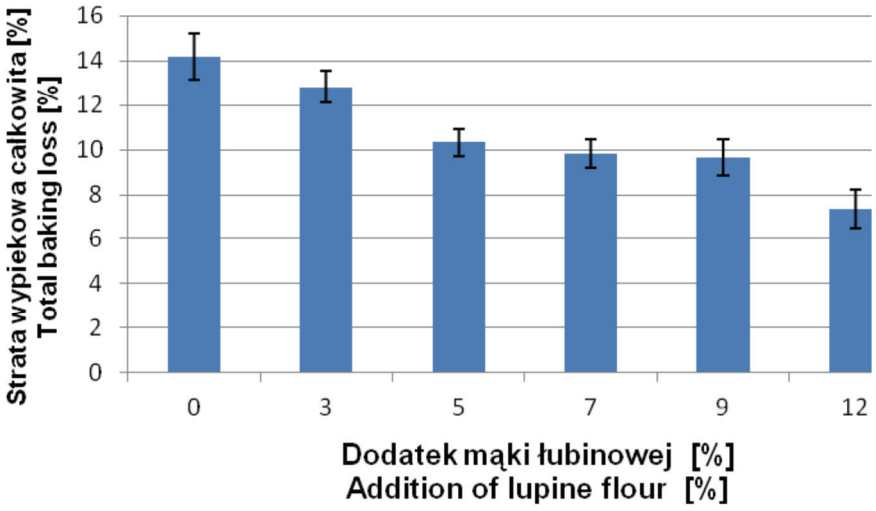
Dodatek mąki łubinowej wywierał również wpływ na czas pieczenia chleba (rys. 2). Wraz ze wzrostem dodatku mąki łubinowej w badanych próbach ulegał on skróceniu. Chleb bez dodatku mąki łubinowej wymagał 25 min pieczenia. Najkrótszy czas pieczenia zaobserwowano w przypadku prób z 9- i 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej – 16 min. Bochenki z większą zawartością mąki łubinowej szybciej ciemniały w piecu. Po zakończonym wypieku wykonano przekrój badanych bochenków i stwierdzono, że chleby były odpowiednio wypieczone.

T a b e l a 1

Wyniki badań mąki pszenżytniej.
Results of triticale flour analysis.

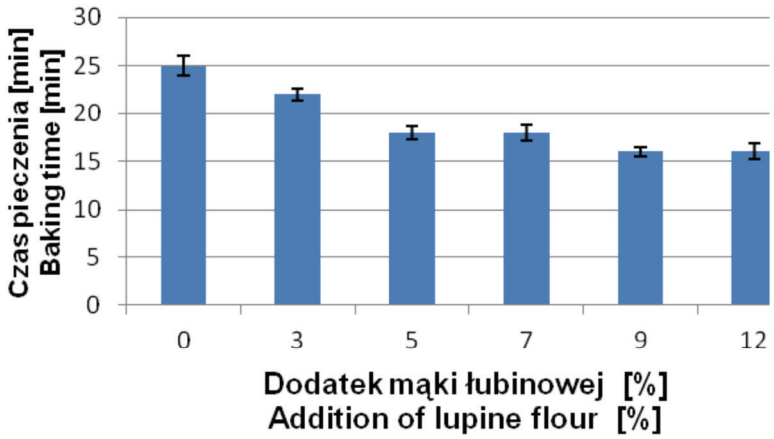
Parametr Parameter	Mąka pszenżytnia Triticale flour	
	$\bar{x}$ [%]	Wymagania dla mąk chlebowych Requirements for bread flours [%]
Wilgotność / Moisture	14,63	do 15
Wodochłonność / Water absorption	62,01	od/from 45 do/to 67
Zawartość popiołu całkowitego Total ash content	0,75	od/from 0,59 do/to 0,78

Objaśnienia: / Explanatory notes:
$\bar{x}$ - wartość średnia / mean value: n = 3.

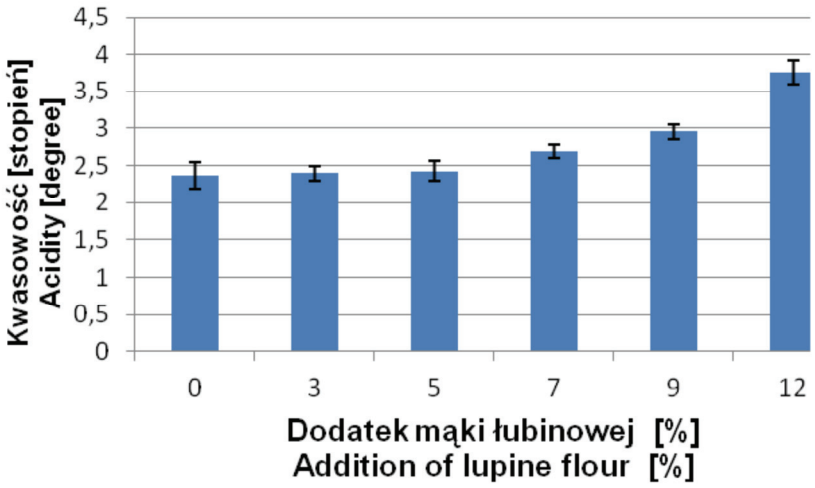


Rys. 1. Strata wypiekowa całkowita chleba pszenżytniego w zależności od dodatku mąki łubinowej do mąki pszenżytniej.
Fig. 1. Total baking loss of triticale flour bread depending on lupine flour amount added to triticale flour.

Kwasowość pieczywa zwiększała się stopniowo wraz ze wzrostem dodatku mąki łubinowej (rys. 3). W chlebie kontrolnym wynosiła ona 2,36 stopnia, a w chlebie z 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej – 3,76 stopnia. Kwasowość wszystkich badanych prób mieściła się w granicach normy dla pieczywa mieszanego [27].



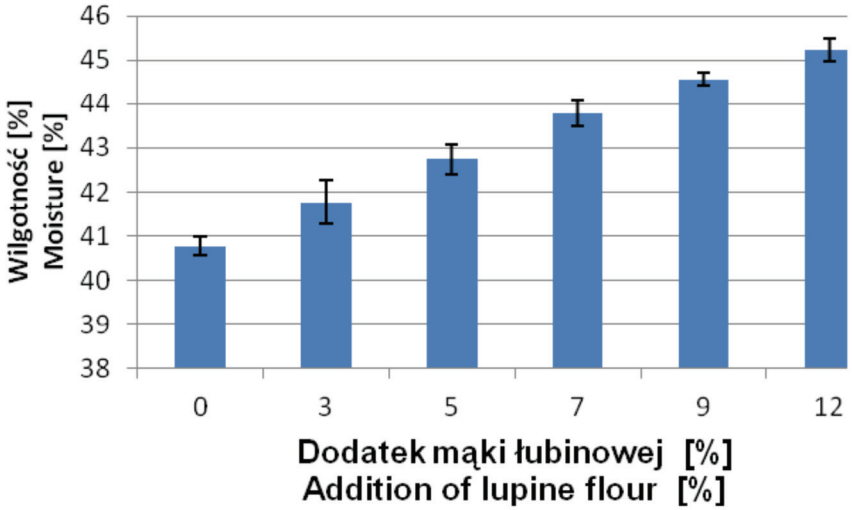
Rys. 2. Czas pieczenia chleba pszenżytniego w zależności od dodatku mąki łubinowej do mąki pszenżytniej.
Fig. 2. Baking time of triticale flour bread depending on lupine flour amount added to triticale flour.



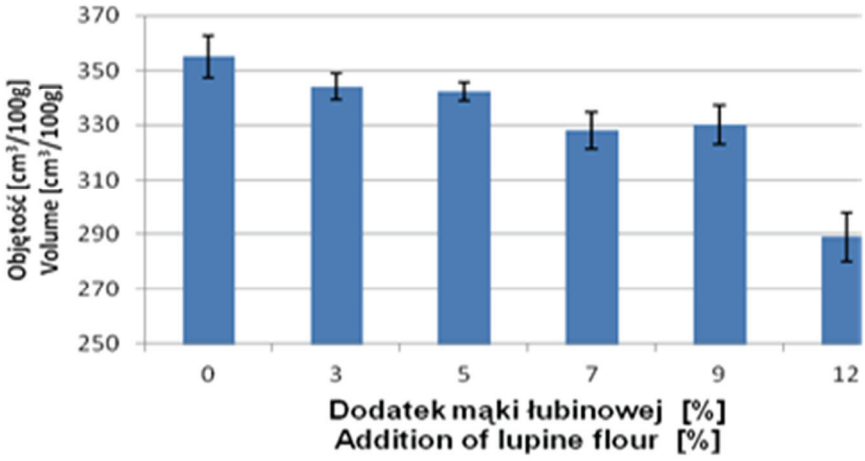
Rys. 3. Kwasowość chleba pszenżytniego w zależności od dodatku mąki łubinowej do mąki pszenżytniej.
Fig. 3. Acidity of triticale flour bread depending on lupine flour amount added to triticale flour.

Dodatek mąki łubinowej wpływał na stopniowe zwiększanie wilgotności chlebów (rys. 4). Według Diowksz [6] jest to związane z podwyższoną wodochłonnością ciasta, spowodowaną zastosowaniem dodatku właśnie tej mąki. W próbie kontrolnej wilgotność wynosiła 40,77 % a w chlebie z 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej – 45,24 %.

Skrócenie czasu pieczenia (rys 2), jak również zwiększenie wilgotności pieczywa z dodatkiem mąki łubinowej (rys. 4) wpłynęły na zwiększenie masy wypieczonych chlebów, co potwierdziła zmniejszająca się całkowita strata wypiekowa (rys. 1).



Rys. 4. Wilgotność chleba pszenżytniego w zależności od dodatku mąki łubinowej do mąki pszenżytniej.
Fig. 4. Moisture of triticale flour bread depending on lupine flour amount added to triticale flour.



Rys. 5. Objętość chleba pszenżytniego w zależności od dodatku mąki łubinowej do mąki pszenżytniej.
Fig. 5. Volume of triticale flour bread depending on lupine flour amount added to triticale flour.

Dodatek mąki łubinowej wpłynął na zmniejszenie objętości badanych chlebów (rys. 5). Największą objętość miały chleby bez dodatku łubinu – 355 cm^3/100 g, a najmniejszą – bochenki z 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej do mieszanki wypiekowej – 289 cm^3/100 g.

Na ocenę punktową pieczywa składają się wyniki oceny sensorycznej i wyniki oznaczania wyróżników fizykochemicznych. W tab. 2. przedstawiono wyniki oceny punktowej wszystkich prób. Punkty w tabeli są średnią z trzech wypieków.

T a b e l a 2

Ocena punktowa chleba pszenżytniego w zależności od wielkości dodatku mąki łubinowej do mąki pszenżytniej.
Score-based evaluation of triticale flour bread depending on lupine flour amount added to triticale flour.

Wyróżnik jakościowy Quality characteristic		Próba 0 Sample 0 0 %	Próba 1 Sample 1 3 %	Próba 2 Sample 2 5 %	Próba 3 Sample 3 7 %	Próba 4 Sample 4 9 %	Próba 5 Sample 5 12 %
Wygląd zewnętrzny Appearance		5	5	5	5	5	3
Skórka Crust	Barwa Colour	3	3	3	2	2	-35
	Grubość Thickness	4	4	4	4	4	4
	Pozostałe cechy Other features	4	4	4	4	4	3
Miękisz Crumb	Elastyczność Elasticity	4	4	4	4	4	3
	Porowatość Porosity	3	3	3	3	3	0
	Pozostałe cechy Other features	3	3	3	3	3	3
Smak i zapach Flavour and aroma		6	6	6	6	6	3
Objętość Volume		3	3	3	3	3	2
Wilgotność Moisture		2	2	2	2	2	2
Kwasowość Acidity		3	3	3	3	3	3
Suma punktów Total points		40	40	40	39	39	-9

Pod względem wyglądu zewnętrznego, kształtu oraz objętości bardzo dobrze ocenione zostały próby z dodatkiem od 0 do 9 % mąki łubinowej w mieszance wypiekowej. Ponad 9-procentowy dodatek mąki łubinowej do mąki pszenżytniej wpłynął negatywnie na wygląd oraz objętość chleba. Chleb z 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej został oceniony najniżej. Skórka tego chleba była bardzo mocno przypieczona. Chleby z prób: 0, 1 i 2 charakteryzowały się poprawną barwą skórki. Świadczy to o tym, że dodatek mąki łubinowej do 5 % nie miał wpływu na tę cechę pieczywa. W przypadku 3. i 4. próby skórka była bardziej przypieczona, co wpłynęło na nieznaczne obniżenie oceny punktowej. Grubość skórki we wszystkich próbach była jednakowa i wynosiła 2,5 mm. Powierzchnia skórki była na każdym z chlebów gładka i błyszcząca. Dodatek mąki łubinowej nie miał wpływu na grubość i pozostałe cechy skórki.

Elastyczność miękiszu w próbach od 0 do 4 była prawidłowa, miękisz po lekkim naciśnięciu wracał do pierwotnej postaci. Elastyczność próby 5. (z 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej) była mniejsza, miękisz nie powracał do pierwotnej postaci w takim samym stopniu, jak we wcześniejszych próbach. Dodatek mąki łubinowej (od 3 do 9 %) wpłynął na zmniejszenie porowatości wypieczonych chlebów, ale nie spowodował jednak obniżenia oceny punktowej. W przypadku próby 5. pory miękiszu były zbyt małe, co sprawiło, że porowatość tych chlebów zakwalifikowano jako niedopuszczalną. Znajduje to potwierdzenie w zmniejszeniu objętości wypieczonych chlebów (rys. 5). Pory w miękiszu były cienkościenne, rozmieszczone równomiernie. Pozostałe cechy miękiszu, takie jak: barwa, wilgotność w dotyku oraz krajalność kształtowały się na zbliżonym poziomie. Miękisz w każdej próbie miał jednakowe zabarwienie na całej powierzchni przekroju bochenka, był suchy w dotyku oraz dobrze się kroił.

Dodatek mąki łubinowej korzystnie wpłynął na smak i zapach w próbach od 1. do 4. Pieczywo to było aromatyczne, z lekko orzechowym zapachem i smakiem. Tylko próba 5. (12 % dodatku mąki łubinowej) miała cierpki smak oraz zapach charakterystyczny dla zmielonego ziarna łubinu. Potwierdzeniem tych wyników są badania Lampart-Szczapy [15, 16] i Czerwińskiej [3], w których autorki wyrażają pogląd, że atrakcyjność konsumpcyjna produktów z nadmiernym dodatkiem łubinu może być obniżona ze względu na charakterystyczny smak i zapach określany jako „fasolowy" lub „grochowy".

Wyniki badań fizykochemicznych chleba z różnymi dodatkami mąki łubinowej porównano z wymogami norm [27, 28]. Kwasowość i wilgotność miękiszu uzyskały maksymalną liczbę punktów we wszystkich próbach. W przypadku objętości pieczywa w próbach od 0. do 4. przyznano maksymalną liczbę punktów, natomiast w 5. próbie ocenę obniżono o 1 punkt ze względu na znacznie mniejszą objętość w porównaniu z pozostałymi próbami.

Na podstawie oceny punktowej, przeprowadzonej zgodnie z normą [25], do I klasy jakości pieczywa zaliczono chleb bez dodatku mąki łubinowej oraz chleb z dodatkiem tego składnika do 9 %. Trzy pierwsze próby, tj. 0., 1. i 2. (0, 3 i 5 % dodatku mąki łubinowej) uzyskały maksymalną liczbę punktów – 40. Chleby z 7- i 9-procentowym dodatkiem mąki łubinowej również zakwalifikowano do klasy I – z 39 punktami. Najniżej oceniono chleb z 12-procentowym dodatkiem mąki łubinowej (minus 9 pkt). Taka liczba punktów dyskwalifikuje chleb [23, 26].

Dodatek mąki łubinowej istotnie wpłynął zarówno na sensoryczne, jak i na fizykochemiczne cechy pieczywa. Z przeprowadzonych badań wynika, że najkorzystniejsze jest dodawanie maksymalnie 9 % mąki łubinowej do mąki pszenżytniej, gdyż większy dodatek powoduje obniżenie jakości pieczywa, co znajduje potwierdzenie w artykułach: Czerwińskiej [3], Mohameda i Rayas-Duarte'a [19] oraz Derwasa i wsp. [4].

Wnioski

1. Zwiększanie dodatku mąki łubinowej do mąki pszenżytniej wpływało na zmniejszenie straty wypiekowej całkowitej i skrócenie czasu wypieku chleba.
2. Wraz ze wzrostem udziału mąki łubinowej w mieszance wypiekowej zwiększała się kwasowość i wilgotność chlebów.
3. Zwiększająca się ilość mąki łubinowej w mieszance wypiekowej powodowała zmniejszanie porowatości i objętości chleba. Dodatek przekraczający 9 % spowodował istotne zmniejszenie porowatości, co wpłynęło na znaczne zmniejszenie objętości wypieczonych chlebów.
4. Po zastosowaniu oceny punktowej wykazano, że zarówno chleb bez dodatku mąki łubinowej, jak i z dodatkiem tego składnika w przedziale od 3 do 9 % kwalifikuje się do I klasy jakości. Pieczywo z 12-procentowymdodatkiem mąki łubinowej w mieszance wypiekowej zostało zdyskwalifikowane ze względu na niekorzystną barwę, smak i zapach oraz zmniejszoną objętość.
5. Mąka łubinowa wpłynęła znacząco na smak i zapach chleba. Dodatek tej mąki do 9 % poprawiał te cechy. Chleb miał przyjemny orzechowy smak i aromat. Przy wyższym dodatku tego składnika (12 %) w pieczywie był wyczuwalny cierpki posmak i specyficzny zapach łubinu określany jako „fasolowy" lub „grochowy".

Literatura

[1] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-ciastkarska. Część I i II, Wyd. WSiP, Warszawa 1999.
[2] Bieniaszewski T.: Niektóre czynniki agrotechniczne warunkujące wzrost, zdrowotność i plonowanie odmian łubinu żółtego. Rozpr. monogr. UWM, Olsztyn 2001, s. 51.
[3] Czerwińska D.:Sposoby zwiększania wartości odżywczej białka produktów zbożowych. Przegl. Zboż. Młyn., 2012, **1,** 16-18 i **2**, 2-3.

[4] Derwas G., Doxastakis G., Hadjisava-Zinoviadi S., Triantafillakos N.: Lupin flour addition to wheat flour doughs and effect on rheological properties. Food Chem., 1999, **66,** 67-73.
[5] Diowksz A.: Pozycja pieczywa w diecie. Przegl. Piek. Cuk., 2012, **60 (10)**, 16-17.
[6] Diowksz A., Kajzer M., Zając T. Mąka łubinowa w recepturze pieczywa bezglutenowego. Przegl. Piek. Cuk., 2007, **10**, 10.
[7] Grochowicz J., Andrejko D., Mazur J., Lampart-Szczapa E. Wybrane właściwości fizyczne nasion łubinów. Łubin: kierunki badań i perspektywy użytkowe. Polskie Towarzystwo Łubinowe, Poznań 1996, ss. 325-330.
[8] Jankiewicz M.: Chleb i produkty zbożowe, jako pożywienie Polaków w XXI wieku. Przegl. Piek. Cuk, 2005, **(3)**, 2-5.
[9] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. SGGW-AR, Warszawa 1981.
[10] Jaśkiewicz B.: Pszenżyto ozime wraca do łask. Wiadomości Rolnicze Polska, 2009, **6 (58)**, 8. Dostępne w Internecie na: www.wrp.pl.
[11] Kawka A.: Możliwości wzbogacania wartości odżywczych, dietetycznych i funkcjonalnych pieczywa.w: Żywność wzbogacona i nutraceutyki. Wyd. PTTŻ, Oddział Małopolski, 2009, ss. 109-122.
[12] Kawka A.: Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **3 (70)**, 25-43.
[13] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2005.
[14] Lampart-Szczapa E.: Łubin - niedocenione źródło białka. Przem. Spoż., 1991, **1**, 11-12.
[15] Lampart-Szczapa E.: Preparation of protein from lupin seeds. Molecular Nutrition. Food, 1996, **40**, 71-74.
[16] Lampart-Szczapa E., Łoza A.: Funkcjonalne składniki nasion łubinu-korzyści i potencjalne zagrożenia. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 2007, **522**, 387-392.
[17] Lampart-Szczapa E., Konieczny P., Kossowska I., Nogala-Kałucka M., Zawirska-Wojtasik R., Hoffmann A.: Właściwości sensoryczne a zawartość tanin w fermentowanych i ekstrudowanych preparatach łubinowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **4 (65)**, 62-69.
[18] Lampart-Szczapa E., Czubiński J.: Niedoceniony łubin. Cenne właściwości roślin strączkowych. Przem. Spoż., 2011, **11 (65)**, 29-33.
[19] Mohamed A.A., Rayas-Duarte P.: Composition of *Lupinusalbus.* Cereal Chem., 1995, **72 (6),** 643-647.
[20] Podolska G.: Pszenżyto na chleb. Dostępne w Internecie na: http://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/zboza/artykuly/pszenzyto-na-chleb,12081,1.html.
[21] Sadkiewicz K., Radkiewicz J.: Urządzenia pomiarowo-badawcze dla przemysłu zbożowo-młynarskiego. Wyd. Uczeln. ATR, Bydgoszcz 1998.
[22] Siuta A.: Chleb jako podstawowy składnik pokarmowy diety. Przegl. Zboż. Młyn., 2012, cz. 1. i 2., **5**, **6**, 8-9.
[23] Warzecha A.: Bydgoska aparatura do badania zboża, mąki i pieczywa. Wyd. Uczeln. ATR, Bydgoszcz 2004.
[24] Zapałowicz J.: Jakość pieczywa. Przegl. Piek. Cuk., 1997, **45 (4)**, 8-10.
[25] PN-EN-ISO 2171:2010. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie popiołu całkowitego.
[26] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań i ocena punktowa.
[27] PN-93/A-74103. Pieczywo mieszane.
[28] PN-92/A-74105. Pieczywo pszenne i wyborowe.
[29] PN-A-74022. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
[30] PN-A-74032. Przetwory zbożowe. Mąka żytnia.

EFFECT OF LUPINE FLOUR ADDITION ON QUALITY OF TRITICALE FLOUR BREAD

S u m m a r y

Under the research study, the effect of lupine flour addition on the quality of triticale flour bread was determined. The quantities of lupin flour added were different and amounted to [% / (m/m)] 3 %, 5 %, 7 %, 9 %, and 12 % of the triticale flour quantity; the breads baked were compared with the control sample. The research study completed showed that the adding of 9 % of lupine flour to triticale flour had a beneficial effect on the quality of the breads produced. The lupine flour had a significant impact on the flavour and aroma of the product. The bread had a pleasant nutty flavour and aroma. However, a higher amount of the lupin flour added caused the sensory quality of the bread to deteriorate, especially its flavour and aroma. The bread with a higher content of lupin flour was characterized by a somewhat bitter flavour and aroma appearing typical of plants in the family *Leguminosae*. With the increasing amount of lupine flour added, the time of bread baking decreased as did the total baking loss, porosity, and volume of the breads baked. The addition of lupine flour caused the moisture and acidity of bread crumb to increase.

Key words: lupine, triticale, bread, sensory evaluation by scores, total baking loss

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 154 – 167

JOANNA MILALA, MICHAŁ SÓJKA, KATARZYNA KRÓL, MARIA BUCZEK

CHARAKTERYSTYKA SKŁADU CHEMICZNEGO OWOCÓW *ROSA POMIFERA* 'KARPATIA'

S t r e s z c z e n i e

Celem pracy było określenie cech pomologicznych i składu chemicznego owoców *Rosa pomifera* 'Karpatia'. Bezpośrednio po zbiorze owoce zamrożono i poddano suszeniu sublimacyjnemu. W miąższu i nasionach oznaczono składniki odżywcze oraz wybrane grupy polifenoli. W olejach otrzymanych z nasion oznaczono skład kwasów tłuszczowych.

Wykazano, że miąższ zawierał w suchej masie 90 % węglowodanów ogółem, z tego 31,9 % stanowił błonnik. Ponadto, miąższ cechował się dużą zawartością witaminy C – 3,5 %. Z kolei nasiona zawierały w suchej masie 79 % węglowodanów ogółem, w tym 71,3 % błonnika. Nasiona charakteryzowały się znaczną zawartością tłuszczu (10,5 %) i białka (9,6 %). Olej otrzymany z nasion w 80 % składał się z kwasów tłuszczowych wielonienasyconych, przy czym kwas α-linolenowy stanowił 31,3 % sumy kwasów. Jest to większa zawartość aniżeli występująca w nasionach innych rodzimych odmian róż. Wśród związków polifenolowych, zarówno w miąższu, jak i nasionach dominowały flawanole, których średnia zawartość wynosiła odpowiednio 2783 mg/100 g s.m. i 842 mg/100 g s.m. Ponadto występowały: glikozydy kwercetyny i kempferolu, kwas elagowy wolny oraz związany. *Rosa pomifera* 'Karpatia' ze względu na takie cechy pomologiczne, jak: duże owoce, wysoki udział miąższu, jednorazowy zbiór, a także zawartość związków bioaktywnych: witaminy C i polifenoli może być uważana za cenną odmianę do przetwórstwa.

Słowa kluczowe: *Rosa pomifera* 'Karpatia', róże owocowe, skład chemiczny, witamina C, polifenole, kwasy tłuszczowe

Wprowadzenie

Rodzaj róża (*Rosa*), obejmujący około 120-200 gatunków, jest rozpowszechniony w naturalnych siedliskach prawie całej Europy, Azji Mniejszej i Północnej Afryki [9]. W Europie występuje około 30 gatunków, zaś w Polsce w stanie dzikim rośnie około 20-25 z nich [5, 6, 17, 20, 22]. Owoce w dużej mierze pozyskuje się ze stanowisk natu-

Dr inż. J. Milala, dr inż. M. Sójka, Instytut Chemicznej Technologii Żywności, Wydz. Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka, ul. B. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź; dr inż. K. Król, dr inż. M. Buczek, Sadowniczy Zakład Doświadczalny Instytutu Ogrodnictwa Brzezna Sp. z o.o., Brzezna 1, 33-386 Podegrodzie

ralnych [5, 17]. Plon z dziko rosnących roślin nie jest wyrównany i nie ma możliwości wpływania na jego wielkość. W Polsce niektóre gatunki róży są uprawiane dla potrzeb przemysłu zielarskiego i przetwórczego [6, 17, 33]. Wszystkie róże owocowe zawierają: witaminy (głównie C), związki polifenolowe, karotenoidy, kwasy tłuszczowe należące do cennych rodzin: n-6 (linolowy, arachidonowy), n-3 (linolenowy), n-9 (oleinowy), składniki mineralne, pektyny, węglowodany, w tym: cukry oraz błonnik, kwasy organiczne (cytrynowy, jabłkowy), olejki eteryczne, aminokwasy i woski [6, 8, 10, 12, 17, 19, 21]. Bogatym źródłem związków biologicznie aktywnych w różach są: płatki, pseudoowoce (owoce pozorne) oraz znajdujące się wewnątrz nich owoce właściwe (orzeszki, nasiona). Hypancjum, czyli dno kwiatowe, jest w róży mięsiste i głęboko osadzone. Po kwitnieniu stanowi owoc pozorny, w którym umieszczone są orzeszki. Pseudoowoce róży zawierają witaminę C w ilości do 3 g w 100 g suchej masy, a także polifenole [6, 34]. Orzeszki są źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, tokoferoli, karotenoidów, białka, lecytyny i olejków eterycznych [9, 14, 21, 22]. Dotychczas owoce róży wykorzystuje się do produkcji konfitur, galaretek, soków i syropów witaminowych, win, nalewek oraz herbatek owocowych i ziołowych [5, 6, 12, 17, 33]. Suszone owoce róży stosuje się powszechnie jako surowiec zielarski [5, 7, 22, 26].

W latach 70. XX w. w Instytucie Hodowli Roślin w Bojnicach (Słowacja) wyselekcjonowano z róży jabłkowatej (*Rosa pomifera*, syn. *Rosa villosa*) odmianę 'Karpatia'. Odmiana ta jest bardzo plenna. Cechuje ją jednorazowy zbiór, który przypada już w sierpniu [34]. Zawartość witaminy C w owocach róży 'Karpatia' wynosi 1200 mg/100 g [32].

Celem pracy było określenie cech pomologicznych, zawartości składników odżywczych i polifenoli owoców róży *Rosa pomifera* 'Karpatia' pochodzących z upraw doświadczalnych.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły owoce *Rosa pomifera* 'Karpatia' otrzymane z upraw doświadczalnych Sadowniczego Zakładu Doświadczalnego (SZD) Instytutu Ogrodnictwa w Brzeznej, z trzech sezonów: 2009 - 2011. Róże uprawiano na stanowisku słonecznym, na glebie piaszczysto-gliniastej. Wiosną, po rozpoczęciu wegetacji, stosowano nawożenie posypowe saletrą wapniową (150 kg/ha), a w okresie kwitnienia stosowano nawóz Yara Mila Complex (150 kg/ha). Owoce zbierano z krzewów w fazie dojrzałości zbiorczej. Po zbiorze owoce zamrażano i poddawano suszeniu sublimacyjnemu w liofilizatorze (Christ Delta 1-24 LSC).

W zamrożonych owocach, po oddzieleniu nasion, oznaczano zawartość suchej masy wg AOAC 940.26 [2] oraz witaminy C. Wysuszony materiał rozdzielano na miąższ oraz nasiona i rozdrabniano za pomocą młynka IKA A11B z użyciem ciekłego azotu. W tak przygotowanym materiale, czyli w miąższu i nasionach oznaczano zawar-

tość: suchej masy, związków mineralnych w postaci popiołu wg AOAC 940.26, białka metodą Kjeldahla wg AOAC 920.152, tłuszczu metodą Soxhleta wg AOAC 930.09, błonnika metodą nieenzymatyczną z użyciem aparatu Fibertec wg AOAC 993.21. Zawartość węglowodanów metabolizowanych (WM) oraz wartość energetyczną (WE) obliczano z równań:

$$\mathrm{WM} = 100\% - (B + T + P + F + W),$$

$$\mathrm{WE} = \mathrm{WM} \cdot 4 + B \cdot 4 + T \cdot 9 + F \cdot 2,$$

gdzie: B – zawartość białka [%], T – zawartość tłuszczu [%], P – zawartość popiołu [%], F – zawartość błonnika [%], W – zawartość wody [%].

W liofilizowanym miąższu i nasionach oznaczano również zawartość cukrów oraz polifenoli metodami HPLC. Dodatkowo w tłuszczu otrzymanym z nasion w wyniku ekstrakcji metodą Soxhleta oznaczano procentowy udział kwasów tłuszczowych.

Oznaczenie cukrów wykonywano według metody opisanej przez Piasecką i wsp. [25].

Oznaczenie witaminy C wykonywano metodą HPLC w rozdrobnionym zamrożonym materiale (miąższu) bezpośrednio po zbiorze według metody opisanej przez Konopacką i Markowskiego [18].

Oznaczenie kwasu elagowego wolnego i związanego oraz glikozydów kwercetyny i kempferolu wykonywano metodą HPLC. Do analizy chromatograficznej zastosowano chromatograf firmy Dionex z detektorem diodowym UV-DAD 340U (Dionex, Sunnyvale, CA, USA). Detekcję prowadzono przy długości fali $\lambda = 360$ nm. Rozdziału dokonywano w kolumnie Phenomenex Gemini 5u C18 110A (250 × 4,60 mm, 5 μm) (Phenomenex, Torrance, CA, USA). Kolumnę termostatowano w temp. 25 ºC. Stosowano fazy ruchome: faza A – 0,05 % kwas fosforowy w wodzie, faza B – 0,05 % kwas fosforowy w acetonitrylu. Przepływ fazy ruchomej wynosił 1,25 ml/min, a rozdział w układzie gradientowym: 0 - 5 min 4 % fazy B, 5 - 12,5 min 4 - 15 % fazy B, 12,5 - 42,5 min 15 - 40 % fazy B, 42,5 - 51,8 min 40 - 50 % fazy B, 51,8 - 53,4 min 50 - 55 % fazy B, 53,4 - 55 min 4 % fazy B. Objętość dozowanej próbki wynosiła 20 μl. Rejestrację danych chromatograficznych i ich obróbkę prowadzono stosując program Chromeleon. Zastosowano wzorce następujących związków: kwas elagowy, kwercetyna, kwercetyna-3-O-glukozyd, kempferol-3-O-glukozyd, kempferol (Extrasynthese, Genay, Francja). Ekstrakcję elagotanin, kwasu elagowego, glikozydów kwercetyny i kempferolu prowadzono trzystopniowo z użyciem 70-procentowego roztworu acetonu [16]. Ekstrakt acetonowy zatężano, a pozostałość rozpuszczano w glicerolu (70 %). Zawartość wolnego kwasu elagowego, glikozydów kwercetyny i kempferolu oznaczano w roztworach glicerolowych przed wykonaniem hydrolizy po 4-krotnym rozcieńczeniu metanolem. Zawartość całkowitego kwasu elagowego oznaczano w roztworach po hydrolizie kwasowej. Ilość uwolnionego kwasu elagowego w mg/100 g próbki wyliczano z różnicy oznaczonych zawartości całkowitego i wolnego kwasu elagowego [16].

Oznaczenie flawanoli tj. sumy procyjanidyn i wolnych katechin wykonywano metodą HPLC w zliofilizowanym, rozdrobnionym materiale z zastosowaniem floroglucynolizy według Kennedy'ego i Jonesa [15].

Oznaczenie udziału kwasów tłuszczowych, techniką HPLC, przeprowadzano w zmydlonym oleju wyekstrahowanym z nasion, według metodyki opisanej przez Roja i wsp. [27]. Zmydloną próbkę tłuszczu rozcieńczano, zobojętniano, a następnie oczyszczano w kolumienkach Strata X (Phenomenex, Torrance, USA). Eluat zawierający kwasy nastrzykiwano bezpośrednio do układu HPLC. Do oznaczenia kwasów wykorzystano chromatograf składający się z pompy Knauer (K-501) i detektora refraktometrycznego RI Knauer (K-2301, Berlin, Niemcy). Rozdział prowadzono w temperaturze otoczenia, izokratycznie, z zastosowaniem kolumny Hypersil 250 × 4,6 mm, 5 μm MOS. Fazę ruchomą stanowił roztwór acetonitrylu/wody/kwasu fosforowego o stosunku objętościowym (500 : 125 : 0,345). Przepływ fazy ruchomej wynosił 1,20 ml/min, a objętość nastrzyku: 20 μl.

Wszystkie analizy wykonywano w dwóch powtórzeniach (n = 2) ze średniej próby owoców z każdego sezonu zbiorczego. Przebadano sześć prób owoców i sześć prób nasion. Wyniki badań poddawano analizie statystycznej, stosując jednoczynnikową analizę wariancji. W celu zbadania wpływu sezonu (poszczególnych lat) na zawartość oznaczanych składników w miąższu lub w nasionach, wartości średnie badanych cech porównano testem post-hoc Duncana na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Obliczenia wykonywano w programie Statistica 9.

Wyniki i dyskusja

Owoce *Rosa pomifera* 'Karpatia' zawierały ok. 27 % suchej masy, a udział miąższu wynosił ok. 75 % (tab. 1). Podobne wielkości oznaczyli wcześniej Porpáczy i Kollányi [26] w badaniach owoców 12 wyselekcjonowanych klonów odmiany 'Karpatia'. Wymienieni autorzy podają, że owoce *Rosa pomifera* 'Karpatia', w zależności od klonu, ważyły 1,15 - 6,64 g, a udział miąższu wynosił 61,7 - 75,8 %.

Rozmiar, masa i zawartość suchej substancji badanych owoców były wyższe od owoców gatunku *Rosa canina* [8], których parametry nie przekraczały: długość – 1,93 cm, szerokość – 1,32 cm, masa 100 owoców – 158,5 g, zawartość suchej masy – 23,5 %. W badaniach Günesa [12] owoce gatunków *Rosa dumalis*, *Rosa canina*, *Rosa jundzili* oraz *Rosa villosa* cechowały się wymiarami długości i szerokości w zakresie, odpowiednio: 1,9 - 2,9 cm i 1,6 - 1,9 cm, zaś udział miąższu wynosił od 70 do 80 %. Porównanie charakterystyki pomologicznej badanych owoców *Rosa pomifera* 'Karpatia' z owocami analizowanymi przez Günesa [12] dowodzi, że jest to odmiana, której owoce cechują się średnio o 25 % większą długością oraz o 37 % większą szerokością przy tym samym udziale miąższu.

T a b e l a 1

Charakterystyka pomologiczna owoców *Rosa pomifera* 'Karpatia'.
Pomological profile of 'Karpatia' *Rosa pomifera* fruits.

Długość Length	Szerokość Width	Nasiona Seeds	Miąższ Flesh	Barwa Colour	Kształt Shape	Sucha masa Dry mass $\bar{x} \pm s$ / SD	Masa 50 owoców Mass of 50 fruits $\bar{x} \pm s$ / SD
[cm]	[cm]	[%]	[%]	-	-	[%]	[g]
2,5 ÷ 3,5	2,3 ÷ 2,5	24,4 ÷ 25,6	74,4 ÷ 75,6	Czerwona Red	Owalny Oval	27,0 ± 2,0	231,9 ± 6,8

Objaśnienie: / Explanatory notes:
$\bar{x} \pm s$ / SD – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation.

T a b e l a 2

Skład chemiczny miąższu i nasion *Rosa pomifera* 'Karpatia' [g/100 g s.m.].
Chemical composition of flesh and seeds of 'Karpatia' *Rosa pomifera* [g/100 g d.m.].

Rok zbioru owoców Year of fruit harvest	Popiół Ash	Białko Protein	Błonnik Fibre	Tłuszcz Fat	Węglowodany metabolizowane Metabolized carbohydrates	Wartość energetyczna Energy value [kcal/100 g]
Miąższ / Flesh						
2009	4,89 ± 0,06 ^{c}	3,4 ± 0,06 ^{a}	29,66 ± 0,95 ^{a}	0,80 ± 0,14 ^{a}	61,20 ± 0,81 ^{a}	325 ± 3 ^{a}
2010	4,24 ± 0,01 ^{a}	5,04 ± 0,35^{b}	27,52 ± 0,77 ^{a}	1,00 ± 0,00 ^{a}	62,20 ± 1,12 ^{a}	333 ± 2 ^{a}
2011	4,60 ± 0,07 ^{b}	3,03 ± 0,24 ^{a}	29,58 ± 1,45 ^{a}	1,45 ± 0,07 ^{b}	61,34 ± 1,35 ^{a}	330 ± 3 ^{a}
Średnia Mean	4,6 ± 1,3	3,8 ± 1,0	28,9 ± 1,2	1,1 ± 0,3	61,6 ± 0,5	329 ± 6
Nasiona / Seeds						
2009	1,2 ± 0,03 ^{a}	9,23 ± 0,75 ^{a}	72,13 ± 0,46 ^{b}	10,25 ± 0,16 ^{a}	7,20 ± 0,43 ^{b}	302 ± 2 ^{a}
2010	1,62 ± 0,05 ^{b}	11,4 ± 0,68^{b}	71,30 ± 0,28 ^{ab}	10,60 ± 0,00 ^{ab}	4,9 ± 1,10 ^{a}	304 ± 1 ^{a}
2011	1,33 ± 0,17 ^{ab}	7,98 ± 0,17 ^{a}	70,51 ± 0,23 ^{a}	10,70 ± 0,14 ^{b}	9,27 ± 0,04 ^{c}	306 ± 2 ^{a}
Średnia Mean	1,4 ± 0,2	9,6 ± 1,8	71,3 ± 0,8	10,5 ± 0,2	7,2 ± 2,1	304 ± 2

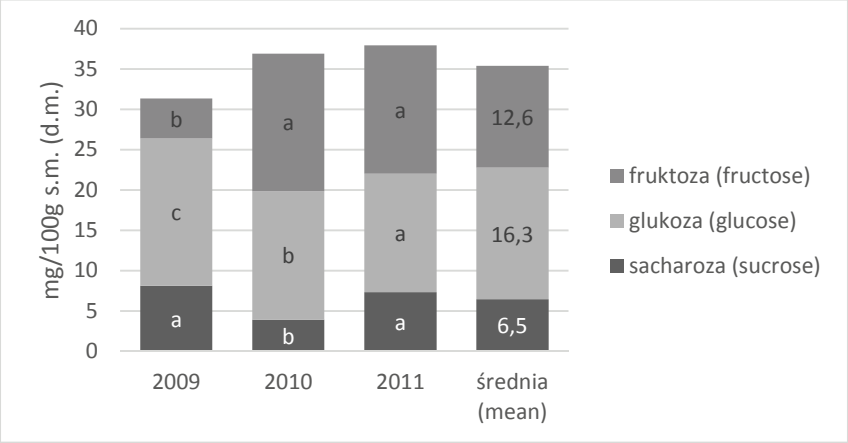
Objaśnienia: Explanatory notes:
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation; n = 2
te same litery w kolumnach w obrębie miąższu lub nasion oznaczają brak różnic statystycznie istotnych na poziomie $p < 0,05$ / the same letters in the columns within flesh or seeds mean that there are no statistically significant differences at $p < 0.05$.

Odmiana *Rosa pomifera* 'Karpatia', ze względu na duże owoce, wysoki udział miąższu, jak również wczesny i jednorazowy zbiór może stanowić cenny surowiec dla przemysłu spożywczego.

Miąższ owoców *Rosa pomifera* 'Karpatia' zawierał średnio, z 3 sezonów zbiorczych, w suchej masie: 61,6 % węglowodanów metabolizowanych, 28,9 % błonnika, 3,8 % białka, 1,1 % tłuszczu oraz 4,6 % składników mineralnych w postaci popiołu (tab. 2). Średnia wartość energetyczna miąższu wynosiła 329 ± 6 kcal/100 g **(**1377 ± 25 kJ/100 g). Zawartość błonnika pokarmowego i węglowodanów w miąższu nie różniły się statystycznie istotnie ze względu na sezon zbioru owoców. Natomiast czynnik ten różnicował w sposób statystycznie istotny zawartość białka, tłuszczu i popiołu w miąższu. Różnice te mogą wynikać ze zmienności warunków agroklimatycznych [4, 9].

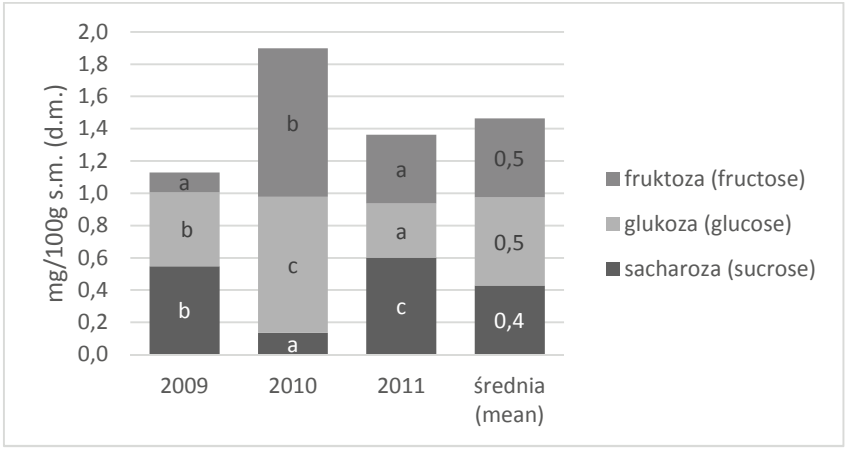
Nasiona (tab. 2.) stanowiły bogate źródło błonnika (71,3 % s.m.), tłuszczu (10,5 % s.m.) i białka (9,6 % s.m.). Zawierały również niewielkie ilości węglowodanów metabolizowanych 7,2 % s.m. oraz składników mineralnych w postaci popiołu (1,4 % s.m.). Średnia wartość energetyczna nasion wynosiła 304 ± 2 kcal/100 g (1272 ± 8 kJ/100 g). Analiza statystyczna podstawowego składu nasion wykazała istotne sezonowe zróżnicowanie nasion pod względem zawartości białka i węglowodanów metabolizowanych. Barros i wsp. [4] wskazują, że owoce dzikiej róży stanowią źródło węglowodanów – 93 % s.m., białka na poziomie 2,7 % s.m., tłuszczu – 0,65 % s.m., popiołu – 3,5 % s.m. Autorzy sugerują, że wysoka zawartość węglowodanów wynika z obecności w owocach polisacharydów ścian komórkowych, celulozy i skrobi. W niniejszych badaniach wykazano, że owoce *Rosa pomifera* 'Karpatia' cechowały się zbliżoną zawartością węglowodanów, wynoszącą około 90 % s.m. Na zawartość węglowodanów, w tym węglowodanów metabolizowanych, wpłynął także udział nasion. Nasiona, w przeciwieństwie do miąższu, cechowały się szczególnie dużą zawartością błonnika, a małą – węglowodanów metabolizowanych. I w tym przypadku na zawartość białka oraz tłuszczu w całych owocach wpływała obecność nasion. Według danych literaturowych [8], zawartość białka w owocach *Rosa canina*, rosnących dziko w Turcji, nie przekracza 8,44 % s.m. Biorąc pod uwagę udział miąższu i nasion w zbadanych owocach *Rosa pomifera*, zawartość białka była mniejsza i wynosiła średnio 5,2 %. Zawartość tłuszczu w całych owocach w znacznym stopniu uzależniona jest od ilości tego składnika w nasionach. Zgodnie z danymi Ercisli [10], Demir i Özcan [8] oraz Rutkowskiej [30], średnia zawartość tłuszczu w pseudoowocach (tj. w części miąższowej) *Rosa rugosa*, *Rosa canina*, *Rosa villosa*, *Rosa dumalis* subsp. Boissieri mieści się w granicach 0,67 - 1,85 % s.m. Znacznie większą zawartością tłuszczu cechują się nasiona. Ercisli i wsp. [9] podają, że suche nasiona *Rosa villosa* zawierają 4,79 % tłuszczu, a *Rosa canina* – 5,37 % tego składnika. Kazaz i wsp. [14] oznaczyli w wysuszonych nasionach odmian *Rosa canina* oraz *Rosa damascena* odpowiednio: 7,15 % i 2,75 % tłuszczu. Z kolei Nowak [21] wykazała, że zawartość tłuszczu w na-

sionach róż z regionu Lubelszczyzny wynosiła 6,5 - 12,9 %, a najwięcej (powyżej 10 %) było go w nasionach *Rosa canina var dumalis, Rosa dumalis var besseriana i Rosa subcanina* oraz powyżej 9 % w nasionach *Rosa villosa*. Porównując powyższe dane z zawartością tłuszczu w nasionach *Rosa pomifera* 'Karpatia', można stwierdzić, że jest to gatunek cechujący się wysoką ilością tego składnika.



Te same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych na poziomie $p < 0,05$. The same letters mean that there are no statistically significant differences at $p < 0.05$.

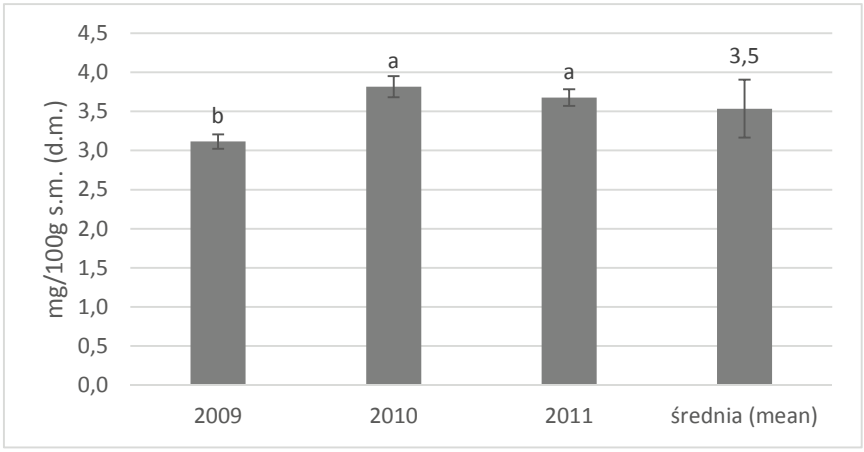
Rys. 1. Zawartość cukrów (sacharozy, glukozy i fruktozy) w miąższu *Rosa pomifera* 'Karpatia'.
Fig. 1. Content of saccharides (sucrose, glucose, and fructose) in flesh of 'Karpatia' *Rosa pomifera*.



Te same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych na poziomie $p < 0,05$. The same letters mean that there are no statistically significant differences at $p < 0.05$.

Rys. 2. Zawartość cukrów (sacharozy, glukozy i fruktozy) w nasionach *Rosa pomifera* 'Karpatia'.
Fig. 2. Content of saccharides (sucrose, glucose, and fructose) in seeds of 'Karpatia' *Rosa pomifera*.

Stwierdzono, że miąższ badanej odmiany *Rosa pomifera* 'Karpatia' (rys. 1) zawierał średnio 35,4 g/100 g s.m. cukrów (sacharozy, glukozy, fruktozy), przy czym glukoza stanowiła 46 % sumy analizowanych związków. Znacznie mniej sacharydów było w nasionach. Średnia zawartość sumy cukrów (rys. 2), uwzględniająca wyniki z trzech sezonów zbiorczych, wynosiła jedynie 1,4 g/100 g s.m. Wykazano istotne zróżnicowanie ($p \leq 0,05$) zawartości poszczególnych sacharydów w miąższu i nasionach w zależności od roku zbioru. Odnosząc uzyskane wyniki do danych literaturowych można stwierdzić, że całkowita zawartość cukrów była podobna, jak w gatunkach *Rosa subcanina* (33,76 g/100 g s.m.) i *Rosa vosagiaca* (40,71 g/100 g s.m.) [29], a większa niż w gatunku *Rosa canina* (26,78 g/100 g s.m.) [4].



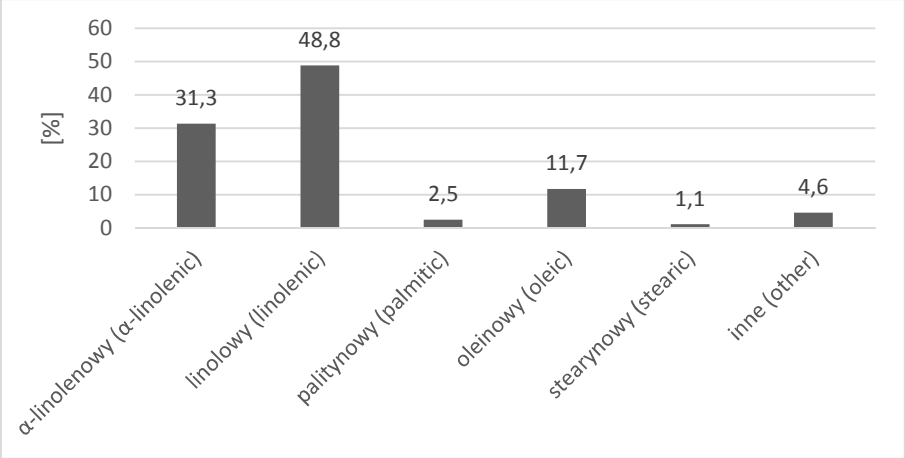
Te same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych na poziomie $p < 0,05$. The same letters mean that there are no statistically significant differences at $p < 0.05$.

Rys. 3. Zawartość witaminy C w części jadalnej (miąższu) owoców *Rosa pomifera* 'Karpatia'.
Fig. 3. Content of vitamin C in edible part (of flesh) of 'Karpatia' *Rosa pomifera* fruits.

Średnia zawartość witaminy C (rys. 3) w miąższu *Rosa pomifera* 'Karpatia' wynosiła 3,5 g/100 g s.m. (0,945 g/100 g ś.m.). Jest to wartość wyższa od danych otrzymanych przez Porpáczy'a i Kollányi'ego [26], którzy podają, że zawartość wolnej witaminy C w owocach *Rosa pomifera* 'Karpatia' wahała się w granicach 0,42 - 1,4 g/100 g s.m., w zależności od klonu. Zawartość ta jest ponad dwukrotnie większa od oznaczonej przez Oszmiańskiego i Urbańskiego [23] w *Rosa rugosa* (0,444 g/100 g ś.m.). Wyniki własne są zbliżone do tych, jakie uzyskał Günes [12] w badaniach owoców *Rosa villosa*, w których zawartość witaminy C wynosiła ok. 2,8 g/100 g s.m. Adamczak i wsp. [1] oznaczyli zawartość witaminy C w 75 próbkach 11 odmian róż rosnących na terenie Polski. Największą zawartością witaminy C charakteryzowały się owoce *Rosa villosa* (2,25 g/100 g s.m.), a najmniejszą – *Rosa canina* (0,51 g/100 g

s.m.). Autorzy [1, 3, 12, 28] wskazują, że różnice w zawartości witaminy C w badanych owocach róż mogą wynikać z cech gatunku, czasu dojrzewania, dojrzałości, warunków agroklimatycznych, jednak wiele badań wskazuje, że zawartość tej witaminy w owocach róż jest cechą bardzo zmienną, nawet w obrębie tego samego gatunku.

Liczne dane literaturowe dotyczące róż owocowych wskazują, że nasiona traktowane są często jako materiał odpadowy [4, 9, 21, 24]. Mogą one jednak stanowić cenne źródło wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. W olejach z nasion *Rosa pomifera* 'Karpatia', z 3 sezonów zbiorczych, pozostałych po oznaczeniu zawartości tłuszczu metodą Soxhleta, oznaczono procentowy udział kwasów tłuszczowych (KT) (rys. 4).



Rys. 4. Udział kwasów tłuszczowych w oleju z nasion *Rosa pomifera* 'Karpatia'.
Fig. 4. Percentage of 'Karpatia' fatty acid in *Rosa pomifera* seeds oil.

Olej otrzymany z nasion *Rosa pomifera* 'Karpatia' charakteryzował się korzystnym składem KT. Najwięcej było kwasu linolowego oraz kwasu α-linolenowego, a ich średnia zawartość wynosiła odpowiednio: 48,8 i 31,3 %. Udział pozostałych KT był znacznie niższy i kształtował się na poziomie: 11,7 % – oleinowy, 2,5 % – palmitynowy, 1,1 % – stearynowy. Zbliżone wyniki uzyskała Nowak [21], która oznaczyła udział kwasów tłuszczowych w nasionach 11 odmian róż (w tym *Rosa canina, Rosa dumalis, Rosa villosa, Rosa rugosa*) pochodzących z terenów Lubelszczyzny. Głównymi kwasami występującymi w badanych olejach były linolowy (44,4 - 55,7 %) oraz α-linolenowy (18,6 - 31,4 %). Występowały również kwasy: oleinowy (13,5 - 20,3 %), palmitynowy (2,3 - 3,3 %), stearynowy (1 - 2,5 %) i inne. Najcenniejszym źródłem kwasu α-linolenowego były oleje otrzymane z nasion *Rosa dumalis* var dumalis i *Rosa villosa*. Podobne wyniki uzyskali Ercisli i wsp. [9] w olejach z nasion róż rosnących

w Turcji. Dominującymi kwasami były tam: kwas linolowy (46,31 - 54,03 %) oraz α-linolenowy w odmianach: *Rosa pulverulanta* (34,38 %), *Rosa villosa* (32,94 %) oraz *Rosa dumalis antalyensis* (32,62 %).

Pod względem zawartości kwasu α-linolenowego w nasionach badanej odmiany *Rosa pomifera* 'Karpatia' można stwierdzić, że jest ona nieznacznie bogatsza od odmian rodzimych i zbliżona do niektórych odmian rosnących w Turcji.

T a b e l a 3

Zawartość wybranych grup polifenoli w miąższu i nasionach *Rosa pomifera* 'Karpatia' [mg/100 g s.m.].
Content of selected polyphenols group in flesh and seeds of 'Karpatia' *Rosa pomifera* [mg/100 g d.m.].

Rok zbioru owoców Year of fruit harvest	Flawanole Flavanols	Glikozydy kwercetyny i kempferolu Quercetin and Kaempferol glycosides	Kwas elagowy wolny Free ellagic acid	Kwas elagowy całkowity Total ellagic acid	Kwas elagowy związany Bound ellagic acid
Miąższ / Flesh					
2009	2414,4 ± 31,4 [a]	34,8 ± 0,3 [a]	24,6 ± 1,0 [ab]	71,9 ± 2,8 [a]	47,4 ± 1,8 [c]
2010	2893,8 ± 1,4 [b]	31,8 ± 1,9 [a]	23,1 ± 0,4 [a]	57,8 ± 0,8 [b]	34,7 ± 0,4 [a]
2011	3039,2 ± 2,2 [c]	41,2 ± 0,1 [b]	26,3 ± 0,0 [b]	69,8 ± 0,8 [a]	43,5 ± 0,7 [b]
Średnia Mean	2783 ± 327	36 ± 5	25 ± 2	67 ± 8	42 ± 7
Nasiona / Seeds					
2009	916,2 ± 30,4 [a]	26,9 ± 0,7 [a]	7,3 ± 0,1 [b]	60,0 ± 3,2 [a]	52,8 ± 3,1 [a]
2010	891,8 ± 18,2 [a]	25,8 ± 0,4 [a]	8,7 ± 0,6 [c]	77,7 ± 2,5 [b]	69,1 ± 1,8 [b]
2011	718,9 ± 10,4 [b]	28,5 ± 0,2 [b]	5,8 ± 0,0 [a]	60,6 ± 2,3 [a]	54,8 ± 2,2 [a]
Średnia Mean	842 ± 108	27 ± 1	7 ± 1	66 ± 10	59 ± 9

Objaśnienia: / Explanatory notes:
wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation; n = 2;
te same litery w kolumnach w obrębie miąższu lub nasion oznaczają brak różnic statystycznie istotnych na poziomie $p < 0,05$ / the same letters in columns within flesh or seeds mean that there are no statistically significant differences at $p < 0.05$.

Znaczną grupę związków odpowiedzialnych za prozdrowotne właściwości owoców róży stanowią polifenole [1, 3, 6, 10]. W tab. 3. przedstawiono wyniki oznaczeń wybranych grup polifenoli w nasionach i miąższu *Rosa pomifera* 'Karpatia'. Główną grupę związków polifenolowych zawartych w miąższu i nasionach stanowiły flawanole (procyjanidyny + wolne katechiny). Średnia zawartość flawanoli w miąższu wynosiła 2783 ± 327 mg/100 g s.m., a w nasionach była ponad trzykrotnie mniejsza. Dane te są zbieżne z literaturowymi [17, 31], według których flawanole są główną grupą związków polifenolowych występujących w róży. Według Hellström [13] miąższ owo-

ców *Rosa rugosa* stanowi bogate źródło procyjanidyn, na poziomie ok. 3306 mg/100 g s.m. Kobus i Pogorzelski [17] podają, że zawartość flawanoli w owocach *Rosa canina* wynosi 975 mg/100 g. Salminen i wsp. [31] dowodzą, że procyjanidyny obecne w owocach *Rosa canina* mogą odpowiadać za ich wysoki potencjał antyoksydacyjny.

Róża owocowa jest również źródłem kwasu elagowego i elagotanin [11, 20]. Miąższ *Rosa pomifera* 'Karpatia' zawierał średnio 67 ± 8 mg/100 g s.m. całkowitego kwasu elagowego, w tym wolnego 25 ± 2 mg/100 g s.m. (tab. 3). Nasiona zawierały średnio 66,1 ± 10,0 mg/100 g s.m. całkowitego kwasu elagowego, a średnia zawartość wolnego kwasu elagowego wynosiła 7 ± 1 mg/100 g s.m. Udział wolnego kwasu elagowego w miąższu wynosił 37 % i był ok. 3-, 4-krotnie niższy niż w nasionach, co świadczy o tym, że kwas elagowy w nasionach występuje głównie w formie związanej. Otrzymane wyniki są zbieżne z danymi opublikowanymi przez Nowak [20], dotyczącymi pseudoowoców 14 odmian róż z terenów Lubelszczyzny. Wolny kwas elagowy kształtował się na poziomie 10,1 - 63,1 mg/100 g s.m., a całkowity kwas elagowy – 48,7 - 146,1 mg/100 g s.m. Udział wolnego kwasu elagowego oznaczonego w pseudoowocach przez Nowak [20] wynosił 13 - 40 % i był ściśle powiązany z gatunkiem róży. Wyniki otrzymane przez Fecką [11] wskazują, że w owocach dzikiej róży kwas elagowy związany jest w postaci telimagrandyny I i II oraz rugozyny A, B, D i E. W badaniach prowadzonych przez Autorkę nie wykryto kwasu elagowego i jego pochodnych w nasionach *Rosa canina.* Biorąc pod uwagę wyniki własne (tab. 3) można stwierdzić, że owoce (miąższ i nasiona) róży *Rosa pomifera* 'Karpatia' stanowiły źródło kwasu elagowego i jego pochodnych. Obok flawanoli oraz pochodnych kwasu elagowego w nasionach i miąższach występowały również glikozydy kwercetyny i kempferolu. Średnia zawartość glikozydów kwercetyny i kempferolu wynosiła w miąższu 36 ± 5 mg/100 g s.m., w nasionach 27 ± 1 mg/100 g s.m. Otrzymane wyniki są zbieżne z danymi Adamczaka i wsp. [1], który oznaczył zawartość flawonoidów w owocach róż pochodzących z terenów Polski. Zawartość flawonoidów wynosiła 20 - 98 mg/100 g s.m., średnio 52 mg/100 g s.m. Autorzy sugerują, że różnice pod względem zawartość flawonoidów mogą wynikać z relacji filogenetycznych między taksonami, a badania nad zawartością i składem jakościowym flawonoidów powinny być kontynuowane.

Wnioski

1. Ze względu na korzystne cechy pomologiczne, jak: duże owoce, wysoki udział miąższu, jednorazowy zbiór, a także ze względu na dużą zawartość związków bioaktywnych, zwłaszcza witaminy C, polifenoli i nienasyconych kwasów tłuszczowych, owoce róży *Rosa pomifera* 'Karpatia' mogą być wartościowym surowcem do przetwórstwa.

2. Udział kwasu α-linolenowego w sumie kwasów oleju z nasion róży 'Karpatia' wynosi ponad 31 % i jest wyższy od wielu odmian rodzimych, a zbliżony do zawartości w europejskich odmianach bogatych w ten związek.
3. Dominującymi polifenolami badanej róży są flawanole, występujące głównie w miąższu, a kolejnymi grupami są flawonole i elagotaniny równomiernie rozmieszczone zarówno w miąższu, jak i w nasionach.

Literatura

[1] Adamczak A., Buchwald W., Zieliński J., Mielcarek S.: Flavonoid and organic acid content in rose hips (*Rosa* L., sect. *Caninae* dc. Em. Christ.). Acta Biol. Cracov., Ser. Bot. 2012, **54, 1,** 1-8.

[2] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition. Editor Horowitz W., Latimer G.W., AOAC International, Maryland, USA, 2005.

[3] Babis A.,. Kucharska A.Z.: Przydatność owoców *Rosa spinosissima* i *Rosa hybrida* do produkcji wysokowitaminowych soków mętnych. Biul. Wydz. Farm. AMW, 2004, **3**, 18-24.

[4] Barros L., Carvalho A.M., Morais J., Ferreira I.: Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterisation in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. Food Chem., 2010, **120**, 247-254.

[5] Buchwald W., Zieliński J., Mścisz A., Adamczak A., Mrozikiewicz P.M.: Aktualny stan i perspektywy badań róż owocowych. Herba Pol., 2007, **33 (4)**, 85-92.

[6] Cendrowski A., Kalisz S., Mitek M.: Właściwości i zastosowanie owoców róży w przetwórstwie spożywczym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **2 (63)**, 24-31.

[7] Chrubasik C., Roufogalis B.D., Müller-Ladner U., Chrubasik S.: A systematic review on the *Rosa canina* effect and efficacy profiles. Phytother. Res., 2008, **22**, 725-733.

[8] Demir F., Özcan M.: Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina* L.) fruits grown wild in Turkey. J. Food Eng., 2001, **47**, 333-336.

[9] Ercisli S., Orhan E., Esitken A.: Fatty acid composition of Rosa species seeds in Turkey. Chem. Nat. Compd., 2007, **43 (5)**, 605-606.

[10] Ercisli S.: Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. Food Chem., 2007, **104**, 1379-1384.

[11] Fecka I.: Qualitative and quantitative determination of hydrolysable tannins and other polyphenols in herbal products from meadowsweet and dog rose. Phytochem. Anal., 2009, **20**, 177-190.

[12] Günes M.: Pomological and phenological characteristics of promising rose hip (*Rosa*) genotypes. Afr. J. Biotechnol., 2010, **9 (38)**, 6301-6306.

[13] Hellström J.K., Törrönen A.R., Mattila P.H.: Proanthocyanidins in common food products of plant origin. J. Agric. Food Chem., 2009, **57**, 7899-7906.

[14] Kazaz S., Baydar H., Erb S.: Variations in chemical compositions of *Rosa damascena* Mill. and Rosa canina L. Fruits. Czech J. Food Sci., 2009, **27 (3)**, 178-184.

[15] Kennedy J.A., Jones G.P.: Analysis of proanthocyanidin cleavage products following acid-catalysis in the presence of excess phloroglucinol. J. Agric. Food Chem., 2001, **49**, 1740-1746.

[16] Klimczak E., Król B.: Oznaczanie zawartości różnych form kwasu elagowego w ubocznych produktach przerobu truskawek. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **4 (71)**, 81-94.

[17] Kobus M., Pogorzelski E.: Owoce dzikiej róży- właściwości i kierunki wykorzystania. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2008, **5**, 19-21.

[18] Konopacka D., Markowski J.: Retention of ascorbic acid during apple chips production and storage. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **13/54 (3)**, 237-241.

[19] Moure A., Dourado F., Sineiro J., Gama F.M., Dom´ınguez H.: Physicochemical, functional and structural characterization of fibre from defatted *Rosa rubinosa* and Gevuina avellana seeds. J. Sci. Food Agric., 2004, **84**, 1951-1959.

[20] Nowak R.: Determination of ellagic acid in pseudofruits of some species of roses. Acta Pol. Pharm., 2006, **63 (4)**, 289-292.

[21] Nowak R.: Fatty acid composition. Acta Soc. Bot. Pol., 2005, **74 (3)**, 229-235.

[22] Nowak R.: Skąd i dokąd zmierzamy – stan badań fitochemicznych róż w kontekście ich aktywności biologicznej. Róże owocowe w uprawie, przetwórstwie, żywieniu i ochronie zdrowia. Mat. I Konf. Nauk., SGGW, Warszawa 2011, ss. 15-16.

[23] Oszmiański J., Urbański A.: Możliwości zastosowania preparatów enzymatycznych w otrzymywaniu wysokowitaminowych mętnych soków z owoców róży *Rosa rugosa*. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 1993, **7**, 16-18.

[24] Őzcan M.: Nutrient composition of rose (*Rosa canina L)* seed and oils. J. Med. Food, 2002, **82 (2)**, 195-201.

[25] Piasecka E., Uczciwek M., Klewicki R.: Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **2 (63)**, 138-153.

[26] Porpáczy A., Kollányi G.: Cultivation of temperate fruits of Peculiar Kind. Hung. Agric. Res., 2009, **18 (2)**, 4-9.

[27] Rój E., Dobrzyńska-Inger A., Kostrzewa D., Kołodziejczyk K., Sójka M., Król B., Miszczak A., Markowski J.: Otrzymywanie ekstraktów olejowych z nasion owoców jagodowych z wykorzystaniem CO_2 w warunkach nadkrytycznych. Przem. Chem. 2009, **8 (12)**, 1325-1330.

[28] Rosu C.M., Manzu C., Olteanu Z., Oprica L., Oprea A., Ciornea E., Zamfirache M.M.: Several fruit characteristics of *Rosa* sp. Genotypes from the Northeastern Region of Romania. Not. Bot. Hort. Agrobot., 2011, **39 (2**), 203-208.

[29] Rosu C.M. Olteanu Z., Truta E., Ciornea E., Mânzu C., ZamfiracheM-M.: Nutritional Value of *Rosa Spp*. L. And *Cornus Mas* L. Fruits, As Affected By Storage Conditions. Analele Stiintiifice ale Universitatii „Alexandru Ioan Cuza", Sectiunea Genetica si Biologie Moleculara. 2011,TOM XII, pp. 147-155.

[30] Rutkowska J., Adamska A., Pielat M., Białek M. Porównanie składu i właściwości owoców dzikiej róży *Rosa rugosa* utrwalanych metodami liofilizacji i suszenia konwencjonalnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, **4 (83)**, 32-43.

[31] Salminen J.P., Karonen M., Lempab K., Liimatainen J., Sinkkonen J., Lukkarinen M., Pihlaja K.: Characterisation of proanthocyanidin aglycones and glycosides from rose hips by high-performance liquid chromatography–mass spectrometry, and their rapid quantification together with vitamin C. J. Chromatogr. A, 2005, **1077**, 170-180.

[32] Sękowski B.: Pomologia systemiczna. T. II. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993, ss. 205-220.

[33] Sielicka M., Pachołek B., Zagórska A.: Właściwości przeciwutleniające wybranych herbatek będących suplementami diety. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **5 (72)**, 112-122.

[34] Wiśniewska-Grzeszkiewicz H.: Róże owocowe. Hasło Ogrodnicze, 1999, **10**, 26-27.

PROFILE OF CHEMICAL COMPOSITION OF *ROSA POMIFERA* 'KARPATIA' FRUITS

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the pomological characteristics and chemical composition of 'Karpatia' *Rosa pomifera* fruits. Immediately after harvesting, the fruits were frozen and freeze-dried. The nutrients and selected groups of poly-phenols were determined in the flesh and seeds. The composition of fatty acid was determined in the oils obtained from the seeds.

It was proved that the flesh contained 90 % of total carbohydrates in the dry mass; 31.9 % thereof was a dietary fibre. Moreover, the flesh was characterized by a high quantity of vitamin C: 3.5 %. Next, the seeds contained 79 % of total carbohydrates in the dry mass; 71.3 % thereof was a dietary fibre. The seeds were characterized by a significant content of fat (10.5 %) and protein (9.6 %). The oil obtained from the seeds comprised 80 % of polyunsaturated fatty acids; the α-linolenic acid constituted 31.3 % of total fatty acids. Their content was higher than that in the seeds of other native rose cultivars. Among the polyphenolic compounds, the flavanols predominated, both in the flesh and the seeds; their mean quantity was 2783 mg/100 g d.m. and 842 mg/100 g d.m., respectively. Furthermore, there were present: quercetin and kaempferol glycosides and free and bound ellagic acid. The 'Karpatia' *Rosa pomifera* can be considered a valuable cultivar in food processing owing to the following pomological features: large fruits, high percent content of flesh, one-time harvest, and, also, content of bioactive compounds, i.e. vitamin C and poly-phenols.

Key words: 'Karpatia' *Rosa pomifera*, rose fruit, chemical composition, vitamin C, poly-phenols, fatty acids

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 168 – 176

ARKADIUSZ TELESIŃSKI, MONIKA GRZESZCZUK, DOROTA JADCZAK, GABRIELA WYSOCKA, MIROSŁAW ONYSZKO

OCENA ZMIAN ZAWARTOŚCI AZOTANÓW(V) W WYBRANYCH ZIOŁACH PRZYPRAWOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU ICH UTRWALENIA I CZASU PRZECHOWYWANIA

S t r e s z c z e n i e

Celem pracy było określenie zawartości azotanów(V) w świeżych ziołach przyprawowych: bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.) odmiany 'Wala', cząbru ogrodowego (*Satureja hortensis* L.), bylicy estragon (*Artemisia dracunculus* L.), lubczyka ogrodowego (*Levisticum officinale* L.), lebiodki pospolitej (*Origanum vulgare* L.) oraz tymianku pospolitego (*Thymus vulgaris* L.) i po ich utrwaleniu za pomocą suszenia w temperaturze 30 - 35 °C i zamrażania w temperaturze -25 °C. W świeżym materiale roślinnym oraz w surowcu po utrwaleniu i przechowywaniu przez 60, 120, 180 i 240 dni oznaczono zawartość azotanów(V) metodą kolorymetryczną.

Stwierdzono, że istotnie największą zawartością NO_3^- w świeżym zielu charakteryzowały się: bazylia pospolita i lebiodka pospolita, a najmniejszą – ziele tymianku pospolitego. Bezpośrednio po zamrożeniu nastąpiło zmniejszenie koncentracji NO_3^- we wszystkich gatunkach ziół. Podobna tendencja dotyczyła bazylii, lebiodki oraz lubczyku ogrodowego po wysuszeniu. Natomiast w zielu cząbra ogrodowego i tymianku pospolitego po wysuszeniu zaobserwowano wzrost zawartości NO_3^-. W trakcie przechowywania mrożonek i suszu zawartość azotanów(V) systematycznie zwiększała się.

Słowa kluczowe: zioła przyprawowe, azotany(V), suszenie, zamrażanie, przechowywanie

Wprowadzenie

Rośliny przyprawowe nie tylko poprawiają smak i zapach potraw, ale także zwiększają ich wartość odżywczą oraz trwałość. Mają szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, owocowo-warzywnym, spirytusowym, farmaceutycznym, kosmetycznym i w gospodarstwach domowych [14]. Sezonowa dostępność ziół i warzyw

Dr hab. A. Telesiński, mgr inż. M. Onyszko, Katedra Fizjologii Roślin i Biochemii, Wydz. Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, dr hab. M. Grzeszczuk, prof. ZUT, G. Wysocka, dr hab. D. Jadczak, prof. ZUT, Pracownia Warzywnictwa, Wydz. Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 1, 71-459 Szczecin

przyprawowych, a także aspekty ekonomiczne związane z kosztami dystrybucji (ograniczenie objętości, zmniejszenie kosztów przechowywania) stwarzają konieczność utrwalania tych produktów [11]. Są one więc najczęściej przetwarzane na susze. Wygodną i dobrą metodę konserwowania stanowi aktualnie również zamrażanie [28].

Podczas przechowywania surowców roślinnych zachodzą w nich procesy fizyczne, biochemiczne i mikrobiologiczne, które powodują zmiany składu chemicznego, w tym również zawartości azotanów [19]. Zachowanie tych związków zależy od wielu czynników: od gatunku i odmiany roślin, a także od sposobu ich przechowywania [9]. Azotany(V) są mało toksyczne i nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia ludzkiego, a zatrucia śmiertelne zdarzają się rzadko. Pobrane z żywności są dość szybko wchłaniane z przewodu pokarmowego i w postaci niezmienionej wydalane z moczem [18, 23]. Część z nich może być jednak redukowana przez mikroflorę przewodu pokarmowego do azotanów(III), tlenków azotu, a nawet amoniaku [1]. Azotany(III) przyczyniają się do powstania methemoglobiny oraz biorą udział w tworzeniu kancerogennych nitrozoamin [2]. Z drugiej strony, zaskakujące są najnowsze hipotezy o korzystnym oddziaływaniu azotanów(III) i tlenków azotu na organizm człowieka w zapobieganiu schorzeniom kardiologicznym [4, 18]. Udowodniono, że zawarte w żywności azotany(V) w wyniku kontaktu ze śliną częściowo redukują się do azotanów(III) [10]. Obecny w żołądku kwas solny rozkłada azotany(III) do tlenku azotu(II) – NO i kwasu azotowego(V) [24]. Bardzo małe stężenie tych związków działa bakteriobójczo, zwalczając drobnoustroje chorobotwórcze [5].

Celem podjętych badań było określenie zawartości azotanów(V) w świeżych ziołach przyprawowych: bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.) odmiany ‘Wala’, cząbru ogrodowego (*Satureja hortensis* L.), bylicy estragon (*Artemisia dracunculus* L.), lubczyku ogrodowego (*Levisticum officinale* L.), lebiodki pospolitej (*Origanum vulgare* L.) oraz tymianku pospolitego (*Thymus vulgaris* L.) i po ich utrwaleniu za pomocą suszenia w temp. 30 - 35 °C i zamrażania w temp. -25 °C.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły rośliny następujących gatunków: bazylia pospolita (*Ocimum basilicum* L.) odmiana ‘Wala’, cząber ogrodowy (*Satureja hortensis* L.), bylica estragon (*Artemisia dracunculus* L.), lubczyk ogrodowy (*Levisticum officinale* L.), lebiodka pospolita (*Origanum vulgare* L.) oraz tymianek pospolity (*Thymus vulgaris* L.), pozyskane z Kolekcji Roślin Przyprawowych i Leczniczych Pracowni Warzywnictwa, Katedry Ogrodnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Zbiór estragonu, lebiodki, tymianku oraz lubczyku przeprowadzono 25 czerwca 2010 roku, natomiast bazylii i cząbru 27 lipca 2010 roku. Wielkość pojedynczej próby polowej wynosiła 200 g.

Świeży materiał roślinny wstępnie myto, oczyszczano, a następnie rozdrabniano na jednocentymetrowe kawałki. Materiał roślinny utrwalano przez suszenie w temp. 30 - 35 °C oraz zamrażanie w komorze zamrażalniczej w temp. -25 °C. Suszenie przeprowadzano w suszarce laboratoryjnej przy stałej prędkości przepływu powietrza 0,5 $m \cdot s^{-1}$ przez 48 h. Grubość warstwy suszonego surowca wynosiła 1 cm. Wysuszony materiał roślinny pakowano w papierowe torebki po 20 - 30 g i przechowywano bez dostępu światła w temp. 15 °C i wilgotności powietrza 65 %. Naważki po 10 - 20 g materiału roślinnego przeznaczonego do mrożenia umieszczano w woreczkach polietylenowych, po czym zamrażano i przechowywano w temp. -25 °C.

W świeżym materiale roślinnym oraz po jego wysuszeniu i przechowywaniu (po 60, 120, 180 i 240 dniach) oznaczano zawartość azotanów(V) metodą Johansona-Ulricha, opisaną przez Zalewskiego [29]. Metoda ta polega na kolorymetrycznym oznaczeniu azotanów(V) za pomocą kwasu fenolodisulfonowego i wodorotlenku potasu. Pomiarów intensywności żółtego zabarwienia dokonywano za pomocą spektrofotometru Helios Gamma (Thermo Spectronic), przy długości fali $\lambda = 410$ nm. Zawartość azotanów(V) w ziołach podano w $g \cdot kg^{-1}$ s.m. Suchą masę oznaczono metodą suszenia surowców zielarskich do stałej masy w temp. 105 °C. Analizy wykonano w trzech powtórzeniach. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu jednoczynnikowej analizy wariancji. Najmniejsze istotne różnice weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Większość ziół po zerwaniu szybko więdnie. Aby zachować ich wysoką jakość należy poddać je utrwaleniu. Najstarszym sposobem utrwalania ziół jest ich suszenie, co wiąże się z odprowadzeniem wody i unieczynnieniem enzymów. Rozpoczyna się je jak najszybciej po zbiorze. Prawidłowo wysuszone zioła nie fermentują i nie pleśnieją, a poziom zawartych w nich substancji czynnych nie zmienia się przez długi czas [12]. W świeżym surowcu zielarskim najwięcej suchej masy oznaczono w tymianku (30,9 %), a najmniej w bazylii (ok. 11,5 %). Suszenie spowodowało zwiększenie masy badanego materiału do poziomu 86 - 90 % (tab. 1). Z kolei podczas zamrażania zawartość suchej masy wzrosła nieznacznie i wynosiła od ok. 12,5 % w bazylii do ok. 38 % w lebiodce i lubczyku. W tym przypadku czynnikiem utrwalającym nie był ubytek wody, lecz niska temperatura prowadząca do zamrożenia surowca zielarskiego (tab. 1).

Azotany(V) są naturalnymi składnikami roślin i stanowią substancje pośrednie do syntezy licznych związków organicznych. Według Rutkowskiej [22] zawartość azotanów(V) w roślinach uwarunkowana jest różnymi czynnikami. Na stopień kumulacji tych jonów w roślinach mogą wpływać: gatunek, odmiana stosowane dawki nawozów, rejon i warunki uprawy. Spośród badanych gatunków ziół przyprawowych największą zawartością azotanów(V) charakteryzowała się bazylia pospolita – 9,95 g $NO_3^- \cdot kg^{-1}$s.m., a naj-

mniejszą tymianek pospolity – 0,68 g NO_3^-·kg^{-1}s.m. (rys. 1 i 2). Otrzymane wartości są zbliżone do danych podawanych przez Dec i wsp. [8] oraz Pokorską-Lis i wsp. [20].

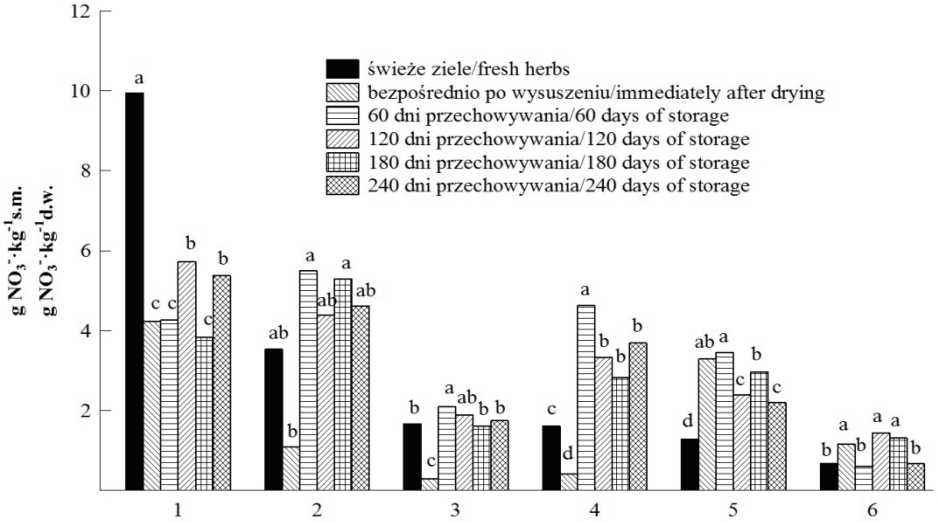
T a b e l a 1

Zawartość suchej masy w wybranych gatunkach ziół przyprawowych po utrwaleniu i w trakcie przechowywania [%].
Content of dry mater in selected spice herb species after preservation and during storage [%].

Gatunek Species	Świeży materiał Fresh material	Bezpośrednio po utrwaleniu Immediately after preservation	Czas przechowywania [dni] Storage time [days]			
			60	120	180	240
Suszenie / Drying						
Bazylia / Basil	11,46	86,07	86,60	90,37	90,57	91,58
Lebiodka / Oregano	30,26	90,29	88,13	91,08	91,43	91,95
Lubczyk / Lovage	19,24	90,84	84,77	90,64	90,40	91,72
Estragon / Tarragon	28,50	86,48	86,16	90,13	90,32	91,10
Cząber / Summer savory	21,40	87,37	87,57	89,42	90,18	91,08
Tymianek / Thyme	30,90	90,41	87,26	90,78	91,05	92,99
Zamrażanie / Freezing						
Bazylia / Basil	11,46	12,51	12,29	11,91	12,49	12,45
Lebiodka / Oregano	30,26	38,06	30,74	31,32	31,50	31,40
Lubczyk / Lovage	19,24	38,06	30,74	31,32	31,50	31,40
Estragon Tarragon	28,50	31,90	27,43	27,85	27,96	26,62
Cząber / Summer savory	21,40	21,14	21,18	21,69	21,86	21,49
Tymianek / Thyme	30,90	33,31	28,75	32,02	31,15	32,26

W celu ochrony zdrowia konsumenta przed działaniem azotanów zanieczyszczających produkty żywnościowe, w polskim ustawodawstwie wprowadzono normy dopuszczalnych zawartości azotanów(V) w warzywach. Zgodnie z rozporządzeniem Komisji (WE) Nr 1881/2006 z 19 grudnia 2006 r. ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych [21] dopuszczalny poziom zanieczyszczeń azotanami(V) w warzywach liściowych wynosi w sałacie szklarniowej 3500 - 4500 mg NO_3^-·kg^{-1} św.m., w sałacie gruntowej 2500 - 4000 mg NO_3^-·kg^{-1} św.m., w sałacie lodowej 2000 - 2500 mg NO_3^-·kg^{-1} św.m., a w świeżym szpinaku 2500 - 3000 mg NO_3^-·kg^{-1} św.m. Dla ziół i roślin przyprawowych takich norm nie określono [8]. Po porównaniu wyników zawartości azotanów(V) w świeżej masie ziół przyprawowych z dopuszczalną normą tych związków w warzywach liściastych można stwierdzić, że zawartość ta była stosunkowo mała. Ponadto należy zaznaczyć, że dzienne spożycie

ziół przyprawowych nie jest duże, w związku z tym dzienna dawka pobrania azotanów(V) z tymi surowcami jest niewielka.



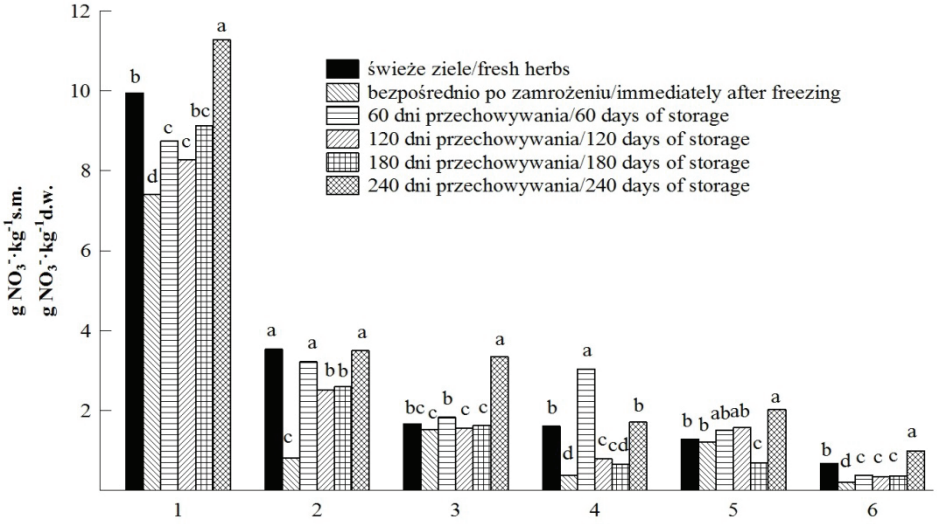
Wartości średnie oznaczone takimi samymi literami w obrębie gatunku nie różnią się statystycznie przy poziomie istotności p = 0,05 / Mean values denoted by the same letters within one species do not differ statistically at significance level p = 0.05.

Rys. 1. Zmiany zawartości azotanów(V) w wybranych gatunkach ziół przyprawowych po wysuszeniu i w trakcie przechowywania: 1 – bazylia pospolita, 2 – lebiodka pospolita, 3 – lubczyk ogrodowy, 4 – bylica estragon, 5 – cząber ogrodowy, 6 – tymianek pospolity.

Fig. 1. Changes in content of nitrates (V) in selected spice herb species after drying and during storage: 1 – basil, 2 – oregano, 3 – lovage, 4 – tarragon, 5 – summer savory, 6 – thyme.

Bezpośrednio po wysuszeniu zaobserwowano istotne zmiany (p = 0,05), zawartości azotanów(V) w analizowanym materiale roślinnym. Zmniejszenie zawartości tych związków stwierdzono w przypadku bazylii pospolitej, lebiodki pospolitej, lubczyku ogrodowego oraz bylicy estragon. Natomiast w suszu cząbru ogrodowego i tymianku pospolitego oznaczono większą zawartość azotanów(V) niż w świeżym zielu (rys. 1). W trakcie przechowywania również zachodziły istotne zmiany (p = 0,05) stężenia jonów NO_3^- w ziołach przyprawowych. W suszu bazylii pospolitej w czasie przechowywania zawartość azotanów(V) była mniejsza niż w świeżym zielu, podczas gdy w pozostałych gatunkach ziół zazwyczaj stwierdzono w trakcie przechowywania podwyższenie stężenia tych związków w stosunku do świeżego ziela. Dane literaturowe wskazują, że podczas suszenia surowców zielarskich następuje spadek zawartości azotanów(V) o około 25 - 50 % [3, 13, 26].

Świeże zioła w porównaniu z suszonymi są bardziej wartościowe, gdyż zazwyczaj zawierają więcej składników biologicznie czynnych. Coraz częściej proponowaną metodą konserwacji ziół jest ich zamrażanie. Zamrożone surowce zielarskie zachowują barwę, aromat i większość substancji aktywnych [14].



Wartości średnie oznaczone takimi samymi literami w obrębie gatunku nie różnią się statystycznie przy poziomie istotności p = 0,05 / Mean values denoted by the same letters within one species do not differ statistically at significance level p = 0.05.

Rys. 2. Zmiany zawartości azotanów (V) w wybranych gatunkach ziół przyprawowych po zamrożeniu i w trakcie zamrażalniczego przechowywania: 1 – bazylia pospolita, 2 – lebiodka pospolita, 3 – lubczyk ogrodowy, 4 – bylica estragon, 5 – cząber ogrodowy, 6 – tymianek pospolity.

Fig. 1. Changes in content of nitrates (V) in selected spice herb species after freezing and during storage: 1 – basil, 2 – oregano, 3 – lovage, 4 – tarragon, 5 – summer savory, 6 – thyme.

Zawartość azotanów(V) bezpośrednio po zamrożeniu wszystkich analizowanych gatunków ziół przyprawowych zmniejszyła się istotnie (p = 0,05) w stosunku do świeżego ziela. W największym stopniu uwidoczniło się to w przypadku lebiodki pospolitej i bylicy estragon (rys. 2). Grzeszczuk i Jadczak [14], badając przydatność zamrażalniczą wybranych gatunków ziół, stwierdziły natomiast wzrost stężenia jonów NO_3^- po zamrożeniu surowca. W trakcie zamrażalniczego przechowywania materiału roślinnego w temp. -25 °C następował stopniowy wzrost stężenia oznaczanych jonów i w ostatnim terminie pomiaru (po 240 dniach przechowywania) w większości gatunków był on statystycznie istotnie większy (p = 0,05) niż w świeżym zielu. Lisiewska i Kmiecik [17] zaobserwowali wzrost zawartości azotanów(V) w naci pietruszki przechowywanej zamrażalniczo. Podobne tendencje wykazano przy chłodniczym przecho-

wywaniu rukoli [15], kapusty pekińskiej i kapusty białej [6], korzeni buraka ćwikłowego [27] oraz marchwi [7]. W literaturze dotyczącej tematyki badań znajdują się również wzmianki o zmniejszeniu zawartości azotanów(V) w materiale roślinnym w wyniku przechowywania zamrażalniczego, np. w koperku [16] lub w przechowywanych chłodniczo: dyni [19], selerze korzeniowym [25], kapuście włoskiej i brukselskiej [6], botwinie [27].

Wnioski

1. Największą zawartością azotanów(V) w świeżym surowcu charakteryzowało się ziele bazylii, a najmniejszą ziele tymianku pospolitego.
2. Bezpośrednio po wysuszeniu nastąpiło zmniejszenie zawartości azotanów(V) w zielu bazylii, lebiodki oraz liściach lubczyku. Podobną zależność zaobserwowano we wszystkich gatunkach ziół po zamrożeniu.
3. W trakcie przechowywania mrożonek i suszu zawartość azotanów(V) zwiększała się.

Literatura

[1] Abouleish M.Y., Abdo N.: Assessment of nitrate and nitrite contamination in herbal tea products. J. Med. Plants Res., 2012, **6 (19)**, 3555-3560.
[2] Amr A., Hadidi N.: Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO_3) and nitrite (NO_2) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. J. Food Comp. Anal., 2001, **14**, 59-67.
[3] Balcerska I., Wędzisz A., Uramowski J.: Azotany i azotyny w wybranych ziołach i preparatach zielarskich. Bromat. Chem. Toksykol., 1997, **30 (2)**, 119-123-129.
[4] Biegańska-Marecik R., Walkowiak-Tomczak D., Radziejewska-Kubzdela E.: Zmiany zawartości azotanów (V) i (III) w szpinaku mało przetworzonym, pakowanym i przechowywanym w atmosferze modyfikowanej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **4 (59)**, 251-260.
[5] Cassens R.: Use of sodium nitrite in cured meats today. Food Technol., 1995, **50 (7)**, 72-80.
[6] Czech A., Rusinek E.: Content of nitrates V and III and heavy metals in selected *Brassica* vegetables depending on storage. J. Elem., 2012, **17 (4)**, 201-213.
[7] Czerwińska E., Zgórska K.: Zmiany jakości minimalnie przetworzonej marchwi pakowanej próżniowo w czasie przechowywania. Rocz. Ochr. Środ., 2011, **13**, 845-858.
[8] Dec D., Wołejko E., Kubicka H., Matusiewicz M., Żylińska B.: Zawartość azotanów (III) i (V) w wybranych roślinach przyprawowych pochodzących z handlu i ogródków przydomowych. Ochr. Środ. Zas. Nat., 2008, **35/36**, 255-259.
[9] Elia A., Santamaria P., Serio F.: Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach. J. Sci. Food Agric., 1998, **76 (3)**, 341-346.
[10] Govoni M., Jansson E.A., Weitzberg E., Lundberg J.O.: The increase in plasma nitrite after a dietary nitrate load in markedly attenuated by an antibacterial mouthwash. Nitric Oxide, 2008, **19**, 333-337.
[11] Hoffmann M.: Jakość sensoryczna wybranych warzyw przyprawowych liofilizowanych i suszonych konwencjonalnie. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **2 (51)**, 91-97.
[12] Grzeszczuk M., Jadczak D.: Zbiór i konserwacja ziół. Panacea, 2006, **4 (17)**, 28-31.

[13] Grzeszczuk M., Jadczak D.: Nitrogen compounds in some species of spice herbs. Herba Polonica, 2007, **53 (3)**, 207-212.
[14] Grzeszczuk M., Jadczak D.: Estimation of biological value and suitability for freezing of some species of spice herbs. J. Elem., 2008, **13 (2)**, 211-220.
[15] Kim S.-J., Ishii G.: Effect of storage temperature and duration on glucosinolate, total vitamin C and nitrate contents in rocket salad *(*Eruca sativa *Mill*.). J. Sci. Food Agric., 2007, **87**, 966-973.
[16] Kmiecik W., Lisiewska Z., Słupski J.: Effects of freezing and storing of frozen products on the content of nitrates, nitrites, and oxalates in dill (*Anethum graveolens* L.). Food Chem., 2004, **86**, 105-111.
[17] Lisiewska Z., Kmiecik W.: Effect of freezing and storage on quality factors in Hamburg and leafy parsley. Food Chem., 1997, **60**, 633-637.
[18] Lundberg J.O., Feelish M., Bjorne H., Jansson E.A., Weitzberg E.: Cardioprotective effects of vegetables: Is nitrite the answer? Nitric Oxide, 2006, **15**, 359-362.
[19] Niewczas J., Kamionowska M., Mitek M.: Zawartość azotanów (III) i (V) w owocach nowych odmian dyni olbrzymiej (*Cucurbita maxima*). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **2 (47)** Supl., 238-245.
[20] Pokorska-Lis G., Tokarz A., Robaczewska M.: Azotany w herbatach, herbatkach owocowych i ziołowych obecnych aktualnie na polskim rynku. Bromat. Chem. Toksykol., 2011, **44 (3)**, 712-718.
[21] Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dz. Urz. L 364, 20.12.2006.
[22] Rutkowska B.: Azotany i azotyny w ziemniakach z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych. Roczn. PZH, 2001, **52 (3),** 231-236.
[23] Shahlaei A., Ansari N.A., Dehkordie F.S: Evaluation of nitrate and nitrite content of Iran Southern (Ahwaz) vegetables during winter and spring of 2006. Asian J. Plant Sci., 2007, **6**, 1197-1203.
[24] Shiotani I., Iishi H., Kumamoto M., Nakae Y.: *Helicobacter pylori* infection and increased nitrite synthesis in the stomach. Digest. Liver Dis., 2004, **36**, 327-332.
[25] Szwajkowska B.: Wpływ nawożenia azotowego i odmiany na zawartość azotanów w zgrubieniach selera korzeniowego po zbiorze i przechowywaniu. Acta Sci. Pol., Hort. Cult., 2002, **1 (2)**, 69-76.
[26] Szydłowska E., Zaręba S., Szydłowski W.: Azotany (III) i azotany (V) w wybranych lekach ziołowych. Bromat. Chem. Toksykol., 2002, **35 (4)**, 357-360.
[27] Ugrinović K., Kmecl W., Custić M.H., Žnidračič D.: Content of oxalic acid, nitrate reduced nitrogen in different parts of beetroot (*Beta vulgaris* var. *conditiva* Alef.) at different rates of nitrogen fertilization. Afr. J. Agric. Res., 2012, **7 (20)**, 3066-6072.
[28] Wójcik-Stopczyńska B., Jakowienko P., Jadczak D.: Ocena mikrobiologicznego zanieczyszczenia świeżej bazylii i mięty. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **4 (71)**, 122-131.
[29] Zalewski W.: Zagadnienie występowania różnych form azotu w warzywach w związku z nawożeniem azotowym. Bromat. Chem. Toksykol., 1971, **4 (2)**, 147-154.

ASSESSMENT OF CHANGES IN CONTENT OF NITRATES (V) IN SELECTED SPICE HERBS DEPENDING ON THEIR PRESERVATION METHOD AND STORAGE TIME

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the changes in the content of nitrates (V) in fresh spice herb species: basil (*Ocimum basilicum* L.) 'Wala' cultivar, summer savory (*Satureja hortensis* L.), tarragon (*Artemisia dracunculus* L.), lovage (*Levisticum officinale* L.), oregano (*Origanum vulgare* L.),

and thyme (*Thymus vulgaris* L.) after their preservation with the use of two methods: drying under the controlled conditions at 30-35 °C and freezing at -25 °C. The content of nitrates (V) was determined colorimetrically in the fresh and preserved plant material, as well as after storage (60, 120, 180, and 240 days of storage).

It was found that the fresh basil and oregano were characterized by the significantly highest content of nitrates (V) and the fresh thyme by the lowest content of NO_3. Immediately after freezing the content of nitrates (V) decreased in all herb spice species. A similar relationship was found in the basil, oregano, and lovage after drying. However, an increase was reported in the content of No_3 in the dried summer savory and thyme. While storing the frozen and dried materials, the content of nitrates (V) systematically increased.

Key words: spice herbs, nitrates (V), drying, freezing, storage

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 177 – 194

IWONA KOWALCZUK, KRYSTYNA GUTKOWSKA, MARTA SAJDAKOWSKA,
SYLWIA ŻAKOWSKA-BIEMANS, ANNA KOZŁOWSKA,
ANNA OLEWNIK-MIKOŁAJEWSKA

INNOWACYJNY KONSUMENT ŻYWNOŚCI POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO

S t r e s z c z e n i e

Innowacyjność produktowa jest istotnym czynnikiem konkurencyjności, pod warunkiem poprzedzenia wdrożeń szczegółowymi pracami badawczymi dotyczącymi potrzeb i oczekiwań konsumentów. Ze względu na upowszechnianie nowości szczególnie interesujący są innowatorzy, którzy jako pierwsi sięgają po nowe produkty. Poznanie ich charakterystyki oraz specyfiki zachowań rynkowych znacznie ułatwia komercjalizację nowych produktów.

W artykule przedstawiono wyniki badań ankietowych dotyczących postaw i zachowań konsumentów wobec innowacyjnych produktów pochodzenia zwierzęcego. Badania przeprowadzono w grudniu 2011 roku na reprezentatywnej ogólnopolskiej próbie 1000 respondentów w wieku 15 i więcej lat, koncentrując się na rozpoznaniu i charakterystyce socjodemograficznego portretu innowatora.

Stwierdzono większą innowacyjność konsumentów w stosunku do produktów mlecznych niż w odniesieniu do produktów mięsnych i jaj. Wykazano, że poziom innowacyjności w największym stopniu determinuje taka cecha, jak miejsce zamieszkania. Równocześnie innowatorzy przejawiali większą skłonność do zapłaty wyższej ceny za innowacyjne produkty pochodzenia zwierzęcego.

Słowa kluczowe: żywność pochodzenia zwierzęcego, innowacyjność, zachowania konsumentów

Wprowadzenie

Zgodnie z charakterystyką zawartą w opracowaniach naukowych, innowatorzy to głównie osoby młode [6, 14], raczej zamożne [8, 13], wykształcone [20], pracujące na prestiżowych stanowiskach [2]. To ludzie zaangażowani społecznie, choć niezbyt silnie zintegrowani z grupą [5]. Innowacyjność skorelowana jest z takimi cechami, jak: niezależność, ekstrawertyzm, impulsywność, gotowość do ryzyka, tolerancja dwu-

Dr hab. I. Kowalczuk, prof. dr hab. K. Gutkowska, dr inż. M. Sajdakowska, dr inż. S. Żakowska-Biemans, Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, mgr inż. A. Kozłowska, mgr inż. A. Olewnik-Mikołajewska, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

znaczności, elastyczność, ukierunkowany do zewnątrz charakter społeczny [17]. Wśród cech osobowości innowatorów podkreślane są także: otwartość umysłu, szerokie horyzonty, umiłowanie przygód, silna potrzeba utrzymywania stosunków towarzyskich. Stwierdzono także, że optymiści mają wyższy przeciętny poziom innowacyjności niż pesymiści [15].

Badania dotyczące innowacyjności polskich konsumentów na rynku żywności częściowo potwierdzają powyższą charakterystykę, a dodatkowo uzupełniają profil innowatora o cechy specyficzne dla zachowań w sferze żywienia. Ich wyniki dowodzą, że płeć w niewielkim stopniu różnicuje poziom innowacyjności w odniesieniu do żywności, choć nieco bardziej skłonne do zakupu produktów innowacyjnych są kobiety [11, 12, 15]. Znacznie silniej zainteresowanie nowościami determinuje wiek (zależność ujemna) [1, 7, 9, 11, 14, 15, 18], co wiąże się z naturalną skłonnością młodych ludzi do eksperymentowania, a także wykształcenie (zależność dodatnia) [7, 12, 15, 19], co z kolei może być konsekwencją większej świadomości żywieniowej oraz z reguły lepszej sytuacji materialnej osób reprezentujących wyższy poziom wykształcenia. Również dochód warunkuje skłonność konsumentów do zakupu nowych produktów żywnościowych [8, 11, 12], jednak zauważono, że siła wpływu czynnika dochodu na akceptację innowacji zależna jest od rodzaju produktu [15]. Zdecydowanie większe zainteresowanie nowościami wykazują mieszkańcy dużych miast niż małych miast i wsi [9, 12, 15]. Jest to prawdopodobnie rezultatem wyższych dochodów i łatwiejszego, z uwagi na infrastrukturę handlową, dostępu do nowości.

Analiza wpływu uwarunkowań psychograficznych (wyrażonych istotnością wartości życiowych) wykazała, że skłonność do innowacyjności najsilniej pozytywnie koreluje z nadawaną przez badanych ważnością takich wartości, jak: kariera zawodowa, podnoszenie kwalifikacji, otaczanie się luksusowymi przedmiotami oraz prestiż w środowisku. Poza wymienionymi cechami na zainteresowanie konsumentów nowymi produktami żywnościowymi znaczny wpływ miały także: ważność żywienia oraz poziom wiedzy o żywieniu [12].

Z badań postaw polskich konsumentów w stosunku do produktów pochodzenia zwierzęcego wynika, że średni poziom innowacyjności[1] w przypadku mięsa i przetworów wynosi 2,31, mleka i przetworów – 2,44, a jaj – 2,12 [9]. Są to wartości niższe niż uzyskana w omawianych badaniach średnia dla żywności ogółem (2,48) oraz średnia w modelowym rozkładzie Rogersa[2] (2,52) [16]. W badaniach z roku 2007 [12] zaob-

[1] W skali Rogersa [17]: 5 - „kupuję nowy produkt od razu, jak tylko staje się dostępny", 4 - „kupuję nowy produkt stosunkowo szybko, choć po pewnym zastanowieniu", 3 - „kupuję nowy produkt, gdy niektórzy znajomi już go wypróbowali", 2 - „kupuję nowy produkt, gdy większość znajomych już go nabyła i pozytywnie oceniła", 1 - „niechętnie kupuję nowości rynkowe".

[2] W modelowym rozkładzie Rogersa innowatorzy stanowią 2,5 % populacji, wcześni naśladowcy - 13,5 %, wczesna większość naśladowców - 34 %, późna większość naśladowców - 34 %, maruderzy – 16 %.

serwowano jednak, że najwięcej konsumentów zainteresowanych jest rozszerzaniem asortymentu produktów mlecznych (19,2 %) i mięsnych (17,2 %), co może stanowić zachętę do prac nad rozwojem oferty rynkowej w tym zakresie. W przypadku jaj jedynie 6 % respondentów oczekiwało zwiększenia asortymentu. Badania dotyczące opinii konsumentów na temat wybranych aspektów innowacyjności na rynku żywności, zrealizowane metodą fokus group interview potwierdziło większą innowacyjność konsumentów w odniesieniu do mleka i przetworów niż w stosunku do mięsa i przetworów oraz jaj [12].

Zgodnie ze współcześnie obowiązującymi modelowymi koncepcjami opracowywania i wdrażania innowacji [3], aby zminimalizować ryzyko związane z niepowodzeniem procesu innowacyjnego [4, 10, 20], konieczne jest poprzedzenie wdrożeń szczegółowymi pracami badawczymi dotyczącymi charakterystyki innowacyjnych konsumentów oraz analizy ich oczekiwań i potrzeb, co było celem przeprowadzonych badań.

Materiał i metody badań

Badanie dotyczące postaw i zachowań konsumentów wobec innowacyjnych produktów pochodzenia zwierzęcego przeprowadzono w grudniu 2011 roku na reprezentatywnej ogólnopolskiej próbie 1000 respondentów w wieku 15 i więcej lat (tab. 1), w ramach projektu „Biożywność - innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego" współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Badania realizowano metodą wywiadu bezpośredniego face to face w technologii PAPI (Paper and Pencil Interview) przez firmę Biostat przy użyciu opracowanej ankiety, zawierającej pytania właściwe oraz część metryczną.

Innowacyjność konsumentów w odniesieniu zarówno do całej kategorii żywności pochodzenia zwierzęcego, jak i wybranych grup produktów (mięso surowe, parówki, kiełbasy, wędliny luksusowe, mleko, napoje mleczne, sery: żółte, pleśniowe, topione, twarogi, jaja) oceniano przy użyciu skali Rogersa [16] (którą scharakteryzowano we Wprowadzeniu). Najmniejszej skłonności do zakupu nowości przyporządkowano wartość 1, zaś największej – 5.

W ramach analizy statystycznej wykorzystano analizę częstości, średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe, jednoczynnikową analizę wariancji w celu weryfikacji istotności różnic między średnimi oraz współczynnik korelacji rang Spearmana do oceny siły zależności między zmiennymi. Zastosowano pakiet statystyczny SPSS 14. PL for Windows oraz Excel 2007.

T a b e l a 1

Charakterystyka badanej populacji [%].
Profile of surveyed population[%].

Wyszczególnienie / Specification					
Wiek / Age		Płeć / Gender		Sytuacja zawodowa / Occupation	
15-18 lata / years	8,3	kobieta female	51,1	kierownik/specjalista manager/specialist	10,6
19-24 lata / years	9,2	mężczyzna male	48,9	prywatny przedsiębiorca private entrepreneur	7,2
25-29 lat / years	11,3	Wykształcenie/Education		pracownik administracji i usług administration and services employee	19,1
30-39 lat / years	20,2	podstawowe, gimnazjalne primary, lower secondary	16,1	robotnik workman	13,2
40-49 lat / years	17,0	zasadnicze zawodowe basic vocational	18,9	rolnik farmer	3,4
50-59 lat / years	14,0	średnie secondary	37,8	nie pracuje, zajmuje się domem does not work, does house-work	7,6
60 lat i więcej / years and more	20,0	wyższe higher	27,2	uczeń / student pupil / student	23,5
Dochód / Income		Miejsce zamieszkania / Place of residence		emeryt / rencista retired/pensioner	9,9
				bezrobotny unemployed	5,5
poniżej / below 1000 zł	24,0	wieś village	30,9	Region / Region	
1001-1600 zł	36,1	miasto do 20 tys. town below 20 th.	14,0	centralny central	22,1
1601-2500 zł	14,1	miasto 20-100 tys. town 20-100 th.	20,2	wschodni east	14,9
2501-3500 zł	6,3	miasto 101-500 tys. city 101-500 th.	13,1	południowy south	34,0
ponad / above 3500 zł	9,4	miasto powyżej 500 tys. city above 500 th.	21,8	zachodni west	12,1
brak dochodu no income	10,1	–		północny north	16,9

Wyniki i analiza

Po przeanalizowaniu zachowania konsumentów w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego ogółem stwierdzono średni poziom innowacyjności, wynoszący 2,71. Nieznacznie wyższą innowacyjność (średnia 2,77 - 2,75) zaobserwowano w przypadku takich grup produktów, jak: twarogi, sery i napoje mleczne, zaś niższą (poniżej 2,7) w odniesieniu do parówek, kiełbas oraz jaj. W przypadku wszystkich analizowanych grup produktów zwraca uwagę większy odsetek innowatorów (8 - 11 %), wczesnych naśladowców (15 - 20 %) oraz maruderów (19 - 24 %) w porównaniu z wynikami badań Rogersa. Mniej licznie reprezentowane były natomiast grupy konsumentów umiarkowanie zainteresowanych (22 - 28 %) oraz umiarkowanie niezainteresowanych (22 - 27 %) nowymi produktami, co wskazuje że badana populacja przedstawia bardziej zdecydowane postawy (pozytywne i negatywne) w stosunku do nowości w obszarze badanej kategorii produktów (tab. 2).

Analiza socjodemograficznych uwarunkowań innowacyjności wykazała, iż płeć oraz dochód nie różnicują skłonności konsumentów do zakupu nowości na rynku produktów pochodzenia zwierzęcego (tab. 3 i 5).

Ze względu na wykształcenie stwierdzono statystycznie istotne różnice pod względem poziomu innowacyjności tylko w przypadku żywności pochodzenia zwierzęcego ogółem ($p < 0,001$), kiełbas ($p < 0,05$) oraz twarogów ($p < 0,05$). W pierwszych dwóch grupach największą skłonność do zakupu nowości stwierdzono wśród osób z wykształceniem zawodowym, zaś najmniejszą wśród badanych z wykształceniem średnim, natomiast w przypadku twarogów największa skłonność do zakupu nowości cechowała respondentów z wyższym wykształceniem, zaś najmniejsza – respondentów z wykształceniem podstawowym (tab. 3). Biorąc pod uwagę wartości odchylenia standardowego, można wnioskować, że postawy osób z wykształceniem podstawowym w odniesieniu do nowości są bardziej zbliżone (s: 1 - 1,1) niż ma to miejsce wśród konsumentów o wyższym poziomie wykształcenia, przy czym grupami o największym zróżnicowaniu poziomu innowacyjności są respondenci z wykształceniem zasadniczym zawodowym i średnim (s: 1,2 - 1,3).

Uwzględniając sytuację zawodową respondentów stwierdzono statystycznie istotne zróżnicowanie wyników w przypadku wędlin luksusowych, napojów mlecznych oraz jaj ($p < 0,05$). W odniesieniu do wszystkich tych produktów największe zainteresowanie nowościami deklarowali pracownicy administracji i usług, zaś najmniejsze - emeryci i renciści. Dodatkowo w przypadku wędlin luksusowych wysoką skłonnością do zakupu nowości wyróżnili się kierownicy i specjaliści, zaś w stosunku do napojów mlecznych – uczniowie i studenci. Największe zróżnicowanie deklaracji badanych dotyczących ich poziomu innowacyjności w odniesieniu do produktów pochodzenia

T a b e l a 2

Skłonność konsumentów do zakupu nowych produktów pochodzenia zwierzęcego [%].
Disposition of consumers to purchase new products of animal origin [%].

Wyszczególnienie / Specification	IS	Grupy produktów / Groups of products									
		żywność pochodzenia zwierzęcego food of animal origin	mięso surowe raw meat	parówki frankfurters	kiełbasy sausages	wędliny luksusowe luxury processed meat	mleko milk	napoje mleczne milk drinks	sery cheeses	twarogi curd cheese	jaja eggs
Kupuję nowy produkt od razu, jak tylko staje się dostępny I instantly buy a new product, as soon as it becomes available	c	10,8	9,2	9,1	8,3	8,0	10,0	10,5	10,2	10,6	9,5
Kupuję nowy produkt stosunkowo szybko, choć po pewnym zastanowieniu I buy a new product relatively quickly, however after some reflection	b	15,5	18,9	17,4	17,9	19,1	19,9	19,4	20,4	20,4	18,0
Kupuję nowy produkt, gdy niektórzy znajomi już go wypróbowali i pozytywnie ocenili I buy a new product, when some friends have already tried it and positively evaluated.	b	27,5	27,4	28,0	27,2	26,7	22,2	24,4	24,0	24,4	23,2
Kupuję nowy produkt, gdy większość znajomych już go wypróbowała i pozytywnie oceniła I buy a new product, when most of my friends have already tried it and positively estimated	c	26,0	22,1	21,9	26,2	26,7	26,0	26,4	25,1	24,5	25,7
Niechętnie kupuję nowe produkty żywnościowe I reluctantly buy new food products	c	20,2	22,4	23,6	20,4	19,2	21,9	19,3	20,3	20,1	23,6
Wartość średnia / Mean value*	c	2,71	2,70	2,67	2,68	2,71	2,70	2,75	2,75	2,77	2,64

* wartość średnia w skali od 1 – najniższa do 5 – najwyższa skłonność do zakupu nowości / mean value on a scale from 1 – the lowest to 5 – the highest disposition to purchase novelties;
b – różnice statystycznie istotne na poziomie istotności $p < 0,05$ / statistically significant differences at $p < 0.05$;
c – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,1$ / statistically significant differences at $p < 0.1$.

Tabela 3

Skłonność konsumentów do zakupu nowych produktów pochodzenia zwierzęcego z uwzględnieniem płci i wykształcenia.
Disposition of consumers to purchase new products of animal origin by gender and education.

Wyszczególnienie / Specification		Ogółem In total	Płeć / Gender			Wykształcenie / Education				
			IS	kobiety female	mężczyźni male	IS	podstawowe primary	zasadnicze zawodowe basic vocational	średnie secondary	wyższe higher
Żywność pochodzenia zwierzęcego Food of animal origin	$\bar{x}$	2,71	-	2,71	2,70	a	2,61	2,94	2,59	2,77
	s / SD	1,25		1,28	1,22		1,04	1,30	1,23	1,24
Mięso surowe Raw meat	$\bar{x}$	2,70	-	2,72	2,69	-	2,75	2,88	2,61	2,70
	s / SD	1,26		1,27	1,25		1,07	1,29	1,25	1,29
Parówki Frankfurters	$\bar{x}$	2,67	-	2,70	2,63	-	2,69	2,85	2,58	2,64
	s / SD	1,26		1,27	1,25		1,08	1,30	1,28	1,25
Kiełbasy Sausages	$\bar{x}$	2,68	-	2,73	2,62	b	2,61	2,86	2,58	2,72
	s / SD	1,22		1,24	1,19		1,03	1,28	1,24	1,27
Wędliny luksusowe Luxurious processed meat	$\bar{x}$	2,71	-	2,72	2,70	-	2,60	2,66	2,69	2,75
	s / SD	1,21		1,24	1,19		1,06	1,27	1,20	1,22
Mleko Milk	$\bar{x}$	2,70	-	2,71	2,70	-	2,65	2,71	2,65	2,80
	s / SD	1,28		1,31	1,25		1,00	1,29	1,31	1,28
Napoje mleczne Dairy drinks	$\bar{x}$	2,75	-	2,74	2,77	-	2,64	2,81	2,68	2,89
	s / SD	1,26		1,29	1,23		1,07	1,29	1,28	1,25
Sery Cheeses	$\bar{x}$	2,75	-	2,72	2,79	-	2,64	2,74	2,69	2,85
	s / SD	1,27		1,28	1,26		1,03	1,28	1,28	1,27
Twarogi Curd cheeses	$\bar{x}$	2,77	-	2,76	2,79	b	2,65	2,77	2,69	2,88
	s / SD	1,27		1,29	1,26		1,10	1,31	1,29	1,26
Jaja Eggs	$\bar{x}$	2,64	-	2,62	2,66	-	2,61	2,55	2,65	2,62
	s / SD	1,28		1,29	1,26		1,09	1,30	1,29	1,28

$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation;
a – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,001$ / statistically significant difference at $p < 0.001$;
b – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$ / statistically significant difference at $p < 0.05$.

zwierzęcego odnotowano wśród kierowników i specjalistów oraz prywatnych przedsiębiorców (s: 1,2 - 1,3), a najbardziej spójna pod tym względem była grupa rolników (s: 0,9 - 1,1) (tab. 4).

T a b e l a 4

Skłonność konsumentów do zakupu nowych produktów pochodzenia zwierzęcego z uwzględnieniem sytuacji zawodowej.
Disposition of consumers to purchase new products of animal origin by occupation.

Wyszczególnienie / Specification		Sytuacja zawodowa / Occupation									
		IS	kierownik/specjalista manager/specialist	prywatny przedsiębiorca Private entrepreneur	pracownik administracji i usług administration and services employee	robotnik workman	rolnik farmer	nie pracuję, zajmuję się domem doesn't work, does housework homework	emeryt/rencista retired/pensioner	uczeń/student pupil/student	bezrobotny unemployed
Żywność pochodzenia zwierzęcego Food of animal origin	$\bar{x}$	-	2,63	2,68	2,84	2,65	2,66	2,69	2,59	2,68	2,75
	s / SD		1,35	1,30	1,22	1,13	1,18	1,33	1,27	1,26	1,29
Mięso surowe Raw meat	$\bar{x}$	-	2,59	2,61	2,79	2,73	2,61	2,61	2,67	2,71	2,68
	s / SD		1,30	1,29	1,24	1,20	1,11	1,31	1,26	1,29	1,29
Parówki Frankfurters	$\bar{x}$	-	2,71	2,47	2,64	2,69	2,63	2,75	2,50	2,69	2,71
	s / SD		1,33	1,28	1,26	1,29	1,11	1,30	1,20	1,24	1,29
Kiełbasy Sausages	$\bar{x}$	-	2,60	2,57	2,75	2,75	2,65	2,66	2,52	2,68	2,61
	s / SD		1,22	1,22	1,21	1,23	1,02	1,30	1,25	1,22	1,17
Wędliny luksusowe Luxurious processed meat	$\bar{x}$	b	2,87	2,60	2,88	2,65	2,59	2,70	2,43	2,73	2,60
	s / SD		1,28	1,24	1,17	1,21	0,93	1,26	1,19	1,23	1,15
Mleko Milk	$\bar{x}$	-	2,74	2,61	2,79	2,61	2,64	2,55	2,60	2,75	2,71
	s / SD		1,31	1,26	1,35	1,19	1,10	1,36	1,34	1,29	1,20
Napoje mleczne Milk drinks	$\bar{x}$	b	2,64	2,43	2,88	2,75	2,43	2,66	2,55	2,84	2,75
	s / SD		1,31	1,31	1,26	1,16	1,11	1,26	1,29	1,28	1,18
Sery Cheeses	$\bar{x}$	-	2,66	2,65	2,83	2,71	2,72	2,73	2,63	2,74	2,74
	s / SD		1,37	1,33	1,24	1,20	1,09	1,36	1,26	1,28	1,15
Twarogi Curd cheeses	$\bar{x}$	-	2,72	2,80	2,89	2,67	2,77	2,77	2,59	2,71	2,73
	s / SD		1,33	1,25	1,21	1,23	1,22	1,36	1,28	1,30	1,26
Jaja Eggs	$\bar{x}$	b	2,51	2,64	2,70	2,67	2,64	2,67	2,49	2,54	2,59
	s / SD		1,35	1,31	1,26	1,17	1,13	1,32	1,25	1,31	1,16

$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation;
b – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$ / statistically significant differences at $p < 0.05$.

Uzyskane wyniki potwierdziły tezę o niskim poziomie innowacyjności osób starszych (emeryci) oraz nieaktywnych zawodowo i pozostających w gorszej sytuacji dochodowej (renciści). Wykazane zróżnicowanie poziomu innowacyjności wobec wędlin luksusowych, wskazujące na kierowników i specjalistów jako innowatorów, może wynikać z faktu, że są oni konsumentami tego asortymentu częściej niż pozostałe grupy. Podobne wyjaśnienie może dotyczyć uczniów i studentów jako innowatorów na rynku napojów mlecznych.

Ze względu na wiek statystycznie istotne różnice w poziomie innowacyjności respondentów ($p < 0,001$) wykazano w przypadku kiełbas, wędlin luksusowych oraz napojów mlecznych. Najbardziej skłonni do zakupu nowości z tych grup produktów byli ankietowani w wieku 19 - 24 lat, natomiast najmniej innowacyjni – konsumenci najmłodsi (15 - 19 lat), co może być związane z niewielkim zaangażowaniem tej grupy konsumentów w dokonywanie zakupu analizowanych kategorii produktów. Niewielki poziom innowacyjności w odniesieniu do produktów pochodzenia zwierzęcego stwierdzono także wśród respondentów z grupy wiekowej 50 - 59 lat (w przypadku napojów mlecznych) i starszych badanych (w przypadku kiełbas i wędlin luksusowych). Potwierdza to, stwierdzona we wcześniejszych badaniach, ujemna zależność między innowacyjnością a wiekiem [1, 7, 9, 11, 14, 15, 18] (tab. 5).

Pod względem miejsca zamieszkania stwierdzono statystycznie istotne zróżnicowanie wyników w stosunku do większości analizowanych grup produktów ($p < 0,001$, z wyjątkiem wędlin luksusowych, w przypadku których $p < 0,05$). We wszystkich przypadkach bardziej innowacyjni okazali się respondenci z miast o liczbie mieszkańców 100 - 500 tys. i powyżej 500 tys. Mniej skłonni do zakupu nowości byli badani mieszkający na wsi i w małych miastach (do 20 tys. mieszkańców), przy czym respondentów mieszkających na wsi cechuje najniższa innowacyjność w stosunku do produktów mięsnych i jaj, zaś grupa mieszkańców z małych miast wyróżniła się małą innowacyjnością w odniesieniu do produktów mlecznych. Brak statystycznie istotnego zróżnicowania wyników zróżnicowania odnotowano jedynie w przypadku żywności pochodzenia zwierzęcego ogółem, mięsa surowego i parówek (tab. 6).

Pod względem regionalnych zróżnicowań innowacyjności wykazano istotne różnice w przypadku żywności pochodzenia zwierzęcego ogółem ($p < 0,001$), mięsa surowego ($p < 0,001$), parówek ($p < 0,05$), kiełbas ($p < 0,001$) oraz wędlin luksusowych ($p < 0,001$). W stosunku do pierwszych trzech grup produktów najbardziej skłonni do zakupu nowości byli badani z regionów południowych, zaś w odniesieniu do kiełbas i wędlin luksusowych – respondenci mieszkający w regionach północnych. Najniższe oceny średnie wystąpiły w grupie badanych z zachodniej Polski. W tym rejonie stwierdzono także największe podobieństwo postaw w stosunku do nowości (s: 0,7 - 1), podczas gdy ich największe zróżnicowanie było w rejonie centralnym (s: 1,4 - 1,5).

T a b e l a 5

Skłonność konsumentów do zakupu nowych produktów pochodzenia zwierzęcego z uwzględnieniem dochodu i wieku.
Disposition of consumers to purchase new products of animal origin by income and age.

Wyszczególnienie Specification		Dochód / Income [zł]							Wiek /Age							
		IS	brak/ no income	poniżej/ below 1000	1001-1600	1601-2500	2501-3500	>3500	IS**	15-18	19-24	25-29	30-39	40-49	50-59	60 i więcej/ and more
Żywność pochodzenia zwierzęcego Food of animal origin	$\bar{x}$	-	2,81	2,67	2,66	2,87	2,78	2,32	-	2,60	2,88	2,81	2,65	2,79	2,61	2,65
	s / SD		1,40	1,16	1,14	1,45	1,42	1,34		1,23	1,10	1,32	1,28	1,22	1,34	1,29
Mięso surowe Raw meat	$\bar{x}$	-	2,66	2,60	2,76	2,82	2,68	2,48	-	2,65	2,91	2,79	2,66	2,65	2,61	2,69
	s / SD		1,35	1,18	1,22	1,39	1,32	1,27		1,16	1,20	1,31	1,24	1,22	1,33	1,31
Parówki Frankfurters	$\bar{x}$	-	2,63	2,64	2,64	2,83	2,72	2,37	-	2,63	2,77	2,75	2,64	2,66	2,65	2,62
	s / SD		1,30	1,20	1,24	1,35	1,33	1,24		1,21	1,17	1,31	1,21	1,31	1,35	1,26
Kiełbasy Sausages	$\bar{x}$	-	2,63	2,64	2,65	2,83	2,77	2,53	a	2,52	3,05	2,73	2,61	2,78	2,60	2,55
	s / SD		1,28	1,18	1,19	1,28	1,27	1,25		1,08	1,17	1,24	1,19	1,20	1,25	1,27
Wędliny luksusowe Luxurious processed meat	$\bar{x}$	-	2,67	2,70	2,67	2,78	2,77	2,82	a	2,55	3,14	2,81	2,67	2,78	2,59	2,55
	s / SD		1,24	1,20	1,15	1,33	1,25	1,41		1,17	1,18	1,22	1,21	1,18	1,20	1,24
Mleko Milk	$\bar{x}$	-	2,64	2,62	2,65	2,86	2,82	3,13	-	2,61	2,92	2,82	2,68	2,79	2,57	2,60
	s / SD		1,32	1,21	1,27	1,36	1,25	1,40		1,23	1,24	1,32	1,25	1,24	1,27	1,31
Napoje mleczne Dairy drinks	$\bar{x}$	-	2,71	2,72	2,75	2,65	2,88	2,85	a	2,58	3,10	2,90	2,73	2,80	2,59	2,69
	s / SD		1,30	1,18	1,24	1,38	1,27	1,39		1,25	1,23	1,28	1,24	1,24	1,25	1,29
Sery Cheeses	$\bar{x}$	-	2,70	2,72	2,69	2,95	2,71	3,08	-	2,53	2,98	2,96	2,72	2,85	2,66	2,63
	s / SD		1,38	1,21	1,21	1,40	1,31	1,28		1,24	1,26	1,28	1,23	1,27	1,31	1,27
Twarogi Curd cheeses	$\bar{x}$	-	2,79	2,69	2,70	2,92	2,89	3,11	-	2,66	2,88	2,96	2,78	2,84	2,68	2,65
	s / SD		1,43	1,22	1,18	1,41	1,36	1,29		1,22	1,28	1,21	1,24	1,26	1,41	1,27
Jaja Eggs	$\bar{x}$	-	2,74	2,59	2,55	2,78	2,82	2,79	-	2,43	2,66	2,84	2,65	2,73	2,53	2,60
	s / SD		1,45	1,18	1,19	1,43	1,40	1,20		1,23	2,31	1,30	1,22	1,26	1,32	1,32

$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation;
a – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,001$ / statistically significant differences at $p < 0.001$.

Zaobserwowane tendencje można tłumaczyć generalnie większą heterogenicznością społeczną ludności zamieszkującej rejon centralny, ze stosunkowo wysokim udziałem ludności tzw. napływowej, migrującej zarobkowo, a jednocześnie reprezentującej postawy ukształtowane w ich rodzimym środowisku zamieszkania (tab. 6).

Aby stwierdzić, czy zainteresowanie nowościami z jednej grupy produktów pochodzenia zwierzęcego skorelowane jest ze skłonnością do zakupu nowości z innych grup, opracowano macierz współzależności poziomu innowacyjności, z której wynika umiarkowany związek skłonności do zakupu innowacyjnych produktów „mlecznych" i „mięsnych" (rS w granicach 0,540 - 0,580; $p < 0,001$). Wyjątek stanowiły wędliny

T a b e l a 6

Skłonność konsumentów do zakupu nowych produktów pochodzenia zwierzęcego z uwzględnieniem miejsca i regionu zamieszkania.
Disposition of consumers to purchase new products of animal origin by the place and region of residence.

Wyszczególnienie Specification		Miejsce zamieszkania / Place of residence						Region / Region					
		IS	wieś village	miasto poniżej 20 tys. citybelow 20 th.	miasto 20- 100 tys. city20- 100 th.	miasto 101-500 tys. city101-500 th.	miasto ponad 500 tys. cityabove 500 th.	IS	północny north	wschodni east	zachodni west	centralny central	południowy south
Żywność pochodzenia zwierzęcego Food of animal origin	$\bar{x}$	-	2,67	2,69	2,69	2,87	2,69	a	2,81	2,68	2,38	2,62	2,84
	s / SD		1,30	1,20	1,25	1,10	1,15		1,09	1,25	0,72	1,51	1,26
Mięso surowe Raw meat	$\bar{x}$	-	2,59	2,70	2,70	2,80	2,81	a	2,66	2,65	2,47	2,61	2,89
	s / SD		1,26	1,29	1,25	1,26	1,17		1,16	1,30	0,99	1,45	1,22
Parówki Frankfurters	$\bar{x}$	-	2,61	2,70	2,68	2,62	2,73	b	2,61	2,66	2,43	2,65	2,79
	s / SD		1,29	1,27	1,21	1,23	1,23		1,15	1,25	1,02	1,44	1,26
Kiełbasy Sausages	$\bar{x}$	a	2,57	2,62	2,65	2,99	2,71	a	2,79	2,69	2,40	2,60	2,72
	s / SD		1,23	1,19	1,21	1,21	1,17		1,16	1,19	0,86	1,40	1,22
Wędliny luksusowe Luxurious processed meat	$\bar{x}$	b	2,59	2,61	2,67	3,04	2,75	a	2,85	2,78	2,46	2,55	2,79
	s / SD		1,22	1,18	1,24	1,24	1,15		1,10	1,23	0,95	1,38	1,21
Mleko Milk	$\bar{x}$	a	2,60	2,55	2,69	2,88	2,85	-	2,70	2,85	2,47	2,62	2,77
	s / SD		1,28	1,26	1,36	1,28	1,21		1,23	1,31	1,00	1,39	1,30
Napoje mleczne Milk drinks	$\bar{x}$	a	2,62	2,59	2,75	3,04	2,88	-	2,83	2,87	2,66	2,62	2,78
	s / SD		1,28	1,30	1,29	1,20	1,14		1,14	1,29	0,92	1,40	1,31
Sery Cheeses	$\bar{x}$	a	2,63	2,61	2,74	3,02	2,90	-	2,83	2,86	2,52	2,63	2,81
	s / SD		1,27	1,32	1,34	1,25	1,12		1,20	1,30	0,88	1,41	1,30
Twarogi Curd cheeses	$\bar{x}$	a	2,66	2,64	2,75	2,93	2,95	-	2,79	2,82	2,51	2,72	2,85
	s / SD		1,30	1,33	1,24	1,25	1,15		1,17	1,38	0,86	1,43	1,30
Jaja Eggs	$\bar{x}$	a	2,52	2,58	2,63	2,75	2,80	-	2,68	2,70	2,40	2,60	2,74
	s / SD		1,27	1,34	1,21	1,28	1,20		1,13	1,38	0,87	1,45	1,29

$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation;
a – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,001$ / statistically significant differences at $p < 0.001$;
b – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$ / statistically significant differences at $p < 0.05$.

luksusowe, których poziom innowacyjności jest silnie skorelowany z innowacyjnością w stosunku do mleka, serów oraz jaj (rS odpowiednio: 0,681; 0,615; 0,600; $p < 0,001$). Znacznie większe podobieństwo w zakresie zachowań innowacyjnych (rS w granicach 0,620-0,750; $p < 0,001$) stwierdzono w przypadku poszczególnych produktów z grupy mięsa i przetworów (w tym szczególnie parówek i kiełbas oraz kiełbas i wędlin luksusowych), a także mleka i przetworów oraz jaj (w tym głównie napojów mlecznych, mleka oraz serów) (tab. 7).

T a b e l a 7

Macierz wzajemnej korelacji poziomu innowacyjności w odniesieniu do poszczególnych grup produktów pochodzenia zwierzęcego.
Correlation matrix of cross-level innovation in relation to specific groups of products of animal origin.

Wyszczególnienie / Specification		Mięso surowe Raw meat	Parówki Frankfurters	Kiełbasy Sausages	Wędliny luksusowe Luxury processed meat	Mleko Milk	Napoje mleczne Dairy drinks	Sery Cheese	Twarogi White cheese
Jaja Eggs	rS	0,563	0,553	0,548	0,546	0,622	0,636	0,675	0,714
Twarogi White cheese	rS	0,542	0,546	0,573	0,593	0,690	0,655	0,655	
Sery Cheese	rS	0,527	0,576	0,576	0,615	0,733	0,733		
Napoje mleczne Dairy drinks	rS	0,503	0,536	0,557	0,600	0,752			
Mleko Milk	rS	0,550	0,542	0,580	0,681				
Wędliny luksusowe Luxury processed meat	rS	0,621	0,621	0,740					
Kiełbasy Sausages	rS	0,639	0,745						
Parówki Frankfurters	rS	0,672							
Mięso surowe Row meat	rS								

rS – współczynnik korelacji Spearmana / Spearman's correlation coefficient
Legenda / Legend:
rS < 0,500
rS od 0,600 do 0,700
rS > 0,700

Po przeanalizowaniu zachowań nabywczych konsumentów o różnym poziomie innowacyjności nie stwierdzono statystycznie istotnego zróżnicowania wyników ($p < 0,1$) pod względem preferowanego miejsca zakupu poszczególnych grup produktów. We wszystkich przypadkach najczęściej wskazywanymi miejscami były hipermarkety (55 - 67 %), dyskonty (26 - 37 %) oraz małe sklepy osiedlowe (34 - 39 %). Produkty mięsne stosunkowo często nabywane są także w sklepach specjalistycznych (23 - 33 %), co jest rzadkością w przypadku produktów mlecznych i jaj (5 %). Na targowiskach i bazarach w produkty pochodzenia zwierzęcego zaopatruje się średnio 8 - 12 % badanych, wyjątek stanowią jaja, w przypadku których odsetek kupujących na targowiskach sięga 23 %, sklepy ze „zdrową" żywnością wskazało mniej niż 5 % badanych, marginalne odsetki wskazań odnotowano w przypadku sklepów internetowych

T a b e l a 8

Oczekiwania respondentów wobec żywności z uwzględnieniem skłonności do zakupu nowych produktów pochodzenia zwierzęcego.
Respondent expectations as regards food products* including their disposition to purchase new products of animal origin.

Ważne jest dla mnie, aby żywność, którą jem: It is important for me that the food I eat:	Ogółem Generally		Zachowania w stosunku do nowych produktów pochodzenia zwierzęcego Behaviours in relation to new products of animal origin											
			IS	kupuję nowy produkt od razu, jak tylko staje się dostępny I instantly buy a new product as soon as it becomes available		kupuję nowy produkt stosunkowo szybko, choć po pewnym zastanowieniu I buy new product relatively quickly, however after some reflection		kupuję nowy produkt, gdy niektórzy znajomi już go wypróbowali i pozytywnie ocenili I buy a new product, when some friends have already tried it and positively estimated		kupuję nowy produkt, gdy większość znajomych już go wypróbowała i pozytywnie oceniła I buy a new product, when most of my friends have already tried it and positively estimated		niechętnie kupuję nowości rynkowe/ nowe produkty żywnościowe I reluctantly buy new food products	
	$\overline{x}$	s / SD		$\overline{x}$	Sd	$\overline{x}$	Sd	$\overline{x}$	Sd	$\overline{x}$	Sd	$\overline{x}$	Sd
zawierała mało kalorii contains little calories	4,01	0,95	a	4,21	0,88	3,93	1,03	3,89	0,97	3,98	0,99	4,17	0,99
była warta pieniędzy, które za nią płacę is worth the money I pay for it	4,30	0,80	-	4,31	0,77	4,26	0,81	4,25	0,84	4,38	0,75	4,31	0,82
była opakowana w sposób przyjazny dla środowiska is packaged in an environmentally friendly way	4,08	0,89	a	4,31	0,79	4,02	1,02	3,93	0,96	4,13	0,74	4,13	0,91
była ekologiczna is ecological	4,07	0,89	a	4,29	0,81	4,01	0,94	3,93	0,94	4,13	0,80	4,12	0,92
była łatwa do przygotowania is easy to prepare	4,10	0,84	a	4,29	0,72	4,14	0,82	3,95	0,87	4,12	0,78	4,16	0,93
zawierała mało tłuszczu contains little fat	4,01	0,87	a	4,20	0,88	3,92	0,90	3,91	0,89	4,00	0,78	4,11	0,91
była polskiego pochodzenia is of Polish origin	4,01	0,94	a	4,09	0,93	4,07	0,94	3,80	0,98	4,12	0,86	4,05	0,97
była niedroga is inexpensive	4,11	0,84	a	4,02	0,99	4,01	0,84	4,03	0,88	4,11	0,79	4,20	0,82
nie zawierała genetycznie modyfikowanych składników does not contain genetically modified ingredients	4,07	0,93	-	4,22	0,85	4,10	0,98	3,97	1,00	4,12	0,82	4,02	0,97
była łatwo dostępna is easily accessible	4,14	0,84	a	4,24	0,80	4,30	0,83	4,00	0,89	4,12	0,76	4,16	0,86

była smaczna is tasty	4,18	0,83	a	4,27	0,80	4,29	0,87	4,08	0,85	4,12	0,78	4,38	0,85
zawierała mało cukru contains little sugar	3,95	0,97	a	4,13	0,95	4,02	1,00	3,81	0,98	4,00	0,83	3,92	1,01
przypominała żywność, którą jadłem w dzieciństwie reminds me of food I ate as a child	3,98	0,96	-	4,03	0,73	4,00	1,04	3,89	0,99	3,96	0,86	3,99	1,04
zawierała dużo witamin i składników mineralnych contains a lot of vitamins and minerals	4,10	0,88	b	4,19	0,83	4,23	0,80	3,99	0,91	4,10	0,82	4,13	0,95
sprzyjała utrzymaniu szczupłej sylwetki helps to maintain the slim figure	3,97	1,06	a	4,22	0,92	3,96	0,97	3,85	1,03	3,97	0,86	3,99	1,06
zawierała mało soli contains little salt	3,97	1,05	a	4,17	0,90	4,01	0,92	3,83	1,05	4,03	0,82	3,97	1,05
wyglądała atrakcyjnie looks attractively	4,00	0,90	-	3,98	0,94	4,10	0,87	3,93	0,92	3,99	0,88	4,03	0,93
nie zagrażała mojemu zdrowiu doesn't menace my health	4,12	0,90	a	4,26	0,90	4,26	0,88	4,01	0,94	4,09	0,84	4,15	0,92
była wytworzona w sposób tradycyjny is manufactured in a tradition-al way	4,01	0,88	a	4,13	0,79	4,06	0,83	3,89	0,91	4,00	0,84	4,03	0,95
nie zawierała sztucznych dodatków doesn't contain artificial additives	0,12	0,89	a	4,19	0,75	4,17	0,85	3,93	1,00	4,24	0,81	4,14	0,90
była produkowana z poszano-waniem praw zwierząt was produced with respect for the rights of animals	4,03	0,89	a	4,14	0,84	4,15	0,94	3,87	0,92	4,02	0,82	4,14	0,90
miała przyjemny zapach has a pleasant smell	4,10	0,86	b	4,13	0,92	4,08	1,00	3,98	0,84	4,14	0,70	4,20	0,91

$\overline{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation;
ocena w skali od 1 - całkowicie się nie zgadzam do 5 - całkowicie się zgadzam / the assessment on a scale from 1: I do not agree at all to 5 - I completely agree;
a – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,001$ / statistically significant difference $p < 0.001$;
b – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$ / statistically significant difference $p < 0.05$.

oraz automatów do sprzedaży. Z uwagi na specyfikę zachowań zakupowych innowatorów trudno jest zdefiniować prawidłowości charakteryzujące ich postępowanie w tym zakresie. W celu zakupu nowości rzadziej korzystają z usług sklepów specjalistycznych w porównaniu z innymi typami konsumentów.

W celu analizy oczekiwań respondentów o różnym poziomie innowacyjności w stosunku do produktów pochodzenia zwierzęcego wykorzystano food choice questionnaire [19]. Uwzględniwszy wartości średnie, obrazujące znaczenie dla respondentów poszczególnych właściwości produktów żywnościowych, stwierdzono, że

T a b e l a 9

Akceptacja przez respondentów cen produktów pochodzenia zwierzęcego o różnych kierunkach modyfikacji z uwzględnieniem skłonności do zakupu nowych produktów [%].
Respondents' acceptance of prices of differently modified products of animal origin by customer disposition to buy novelties [%].

Wyszczególnienie Specification	IS	Zachowania w stosunku do nowych produktów pochodzenia zwierzęcego Behaviour towards the new products of animal origin				
		kupuję nowy produkt od razu, jak tylko staje się dostępny / I instantly buy a new product as soon as it becomes available	kupuję nowy produkt stosunkowo szybko, choć po pewnym zastanowieniu I buy new product relatively quickly, however after some reflection	kupuję nowy produkt, gdy niektórzy znajomi już go wypróbowali i pozytywnie ocenili I buy a new product, when some friends have already tried it and positively estimated	kupuję nowy produkt, gdy większość znajomych już go wypróbowała i pozytywnie oceniła I buy a new product, when most of my friends have already tried it and positively estimated	niechętnie kupuję nowości rynkowe nowe produkty żywnościowe I reluctantly buy new food products
Jestem skłonny/a zapłacić za produkt o wysokiej jakości I'm willing to pay for a high quality product						
cenę porównywalną do obecnej price comparable with the current	c	52,8	57,4	69,5	70,8	64,9
cenę nieco wyższą (około 25 %) niż obecna price is slightly higher (about 25 %) than the current one	c	40,8	38,0	27,6	26,5	31,7
cenę znacznie wyższą (około 50 %) niż obecna price considerably higher (around 50 %) than the current one	b	7,4	2,6	2,9	2,7	3,5
Jestem skłonny/a zapłacić za produkt o wysokich walorach zdrowotnych I'm willing to pay for a product showing high pro-health values						
cenę porównywalną do obecnej the price comparable to the current one	b	44,4	52,9	64,4	62,7	58,9
cenę nieco wyższą (około 25 %) niż obecna the price is slightly higher (about 25 %) than the current	c	49,1	41,9	33,1	33,1	35,1
cenę znacznie wyższą (około 50 %) niż obecna the price considerably higher (around 50 %) than the current	b	6,5	5,2	2,5	4,2	5,9
Jestem skłonny/a zapłacić produkt o podwyższonej wartości odżywczej I'm willing to pay for the product showing a higher nutritional value						
cenę porównywalną do obecnej the price comparable to the current	c	50,9	57,4	68,0	68,8	67,8
cenę nieco wyższą (około 25 %) niż obecna the price is slightly higher (about 25 %) than the current	c	40,7	38,7	28,0	28,8	25,2
cenę znacznie wyższą (około 50 %) niż obecna the price considerably higher (around 50 %) than the current	b	8,3	3,9	4,0	2,3	6,9

b – różnice statystycznie istotne na poziomie istotności $p < 0,05$ / statistically significant differences at $p < 0.05$;
c – różnice statystycznie istotne na poziomie $p < 0,1$ / statistically significant differences at $p < 0.1$.

innowatorzy bardziej niż pozostałe typy konsumentów zainteresowani są większością uwzględnionych w pytaniu cech, w tym szczególnie tym, żeby żywność: „była przyjazna dla środowiska", „była ekologiczna", „była łatwa do przygotowania", „zawierała mało kalorii", „sprzyjała utrzymaniu szczupłej sylwetki", „zawierała mało soli". Wcześni naśladowcy najwyżej ocenili znaczenie łatwej dostępności produktów, dla późnej większości naśladowców bardziej istotne było polskie pochodzenie żywności, natomiast maruderzy przywiązywali, większą, niż pozostałe grupy konsumentów, wagę do niskiej ceny żywności, a także jej smaku i zapachu (tab. 8). Uzyskane wyniki sugerują, że konsumenci najbardziej zainteresowani nowościami w większej mierze uwzględniają przy wyborze żywności jej aspekty użytkowe, dietetyczne oraz środowiskowe, podczas gdy dla osób niechętnych innowacjom ważne są głównie podstawowe cechy produktów żywnościowych (smak i zapach), a także ekonomiczny aspekt jej pozyskania.

Z analizy odpowiedzi na pytanie dotyczące wysokości ceny, jaką respondenci skłonni byliby zapłacić za produkty pochodzenia zwierzęcego o podwyższonej jakości, wysokich walorach odżywczych oraz podwyższonej wartości odżywczej wynika, że w przypadku wszystkich wymienionych grup produktów innowatorzy statystycznie istotnie częściej, niż pozostałe typy konsumentów, deklarowali gotowość do akceptacji cen nieco wyższych ($p < 0,1$) i znacznie wyższych ($p < 0,05$) od aktualnych (tab. 9).

Wnioski

1. Konsumenci wykazują większą innowacyjność w stosunku do przetworów mlecznych niż w odniesieniu do mleka, mięsa i jego przetworów oraz jaj. Stwierdzono podobieństwo w zakresie skłonności do zakupu nowości w przypadku poszczególnych produktów z grupy mięsa i jego przetworów (w tym szczególnie parówek i kiełbas oraz kiełbas i wędlin luksusowych), a także mleka i jego przetworów oraz jaj (w tym głównie napojów mlecznych, mleka oraz serów).
2. Skłonności do zakupu analizowanych grup produktów nie determinowały płeć i dochód, intencja zakupu w umiarkowanym stopniu warunkowana była także przez wiek i wykształcenie. Czynnikiem w większym stopniu oddziałującym na zainteresowanie nowościami było miejsce zamieszkania.
3. Przy wyborze żywności innowatorzy uwzględniają jej aspekty użytkowe, dietetyczne oraz środowiskowe w większym stopniu niż pozostałe typy konsumentów, a także częściej deklarują gotowość do akceptacji wyższych cen innowacyjnych produktów.

Badanie zrealizowano w ramach projektu „BIOŻYWNOŚĆ – 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 Gospodarska 2007-2013.

Literatura

[1] Babicz-Zielińska E., Jeżewska-Zychowicz M., Laskowski W.: Postawy i zachowania konsumentów w stosunku do żywności wygodnej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **4 (71)**,141-153.
[2] Boone L.E.: The search for the consumer innovator. J. Business, 1970, **43 (2)**, 135-140.
[3] Dodgson M., Gann D., Salter A.: Think, play, do: technology, innovation and organization. Oxford University Press, Oxford 2005.
[4] Drucker P.: Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady. PWE, Warszawa 1992.
[5] Garbarski L.: Zachowania nabywców. PWE, Warszawa 1998.
[6] Gatignon H., Robertson T.S.: Innovative decision processes. In: Handbook of Consumer Behavior. Ed. T.S. Robertson, H.H. Kassarjian. Englewood Cliffs, Prentice Hall, New York 1991.
[7] Gutkowska K., Ozimek I.: Wybrane aspekty zachowań konsumentów na rynku żywności – kryteria zróżnicowania. Wyd. SGGW, Warszawa 2005.
[8] Im S., Bayus B.L, Mason C.: An empirical study of innate consumer innovativeness, personal characteristics and new-product adoption behavior. J. Acad. Marketing Sci., 2003, **31, (1)**, 61-73.
[9] Jeżewska-Zychowicz M., Kowalczuk I.: Uwarunkowania innowacyjności polskich konsumentów. Handel Wewnętrzny, 2009, **3**, 34-45.
[10] Kall J., Sojkin B., Szymczak J., Urbaniak M.: Zarządzanie produktem. PWE, Warszawa 2003.
[11] Kowalczuk I.: Postawy polskich konsumentów wobec nowych produktów żywnościowych. W: Innowacje i innowacyjność w sektorze agrobiznesu. Red. M. Adamowicz. Tom 1., Wyd. SGGW, Warszawa 2008, ss. 249-260.
[12] Kowalczuk I.: Innowacyjna żywność w opinii konsumentów i producentów. Wyd. SGGW, Warszawa 2011.
[13] Lassar M., Manolis C., Lassar S.: The relationship between consumer innovativeness, personal characteristics and online banking adoption. Int. J. Bank Mark., 2005, **23 (2)**, 176-199.
[14] Ling S.S., Pysarchik D.T., Choo H.J.: Adopters of new food products in India. Marketing Intelligence& Planning, 2005, **22 (4)**, 371-391.
[15] Mazurek-Łopacińska K.: Zachowania nabywców i ich konsekwencje marketingowe. PWE, Warszawa 2003.
[16] Rogers E.M.: Diffusion of innovations. The Free Press, New York 1995.
[17] Steenkamp J.E.M., Hofstede F.T.: International market segmentation: issues and perspectives. Int. J. Res. Marketing, 2002, **19 (3)**, 185-213.
[18] Steinka I.: Akceptacja żywności funkcjonalnej przez młodych konsumentów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **4 (65)**, 218-226.
[19] Steptoe A., Pollard T.M., Wardle J.: Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the Food Choice Questionnaire. Appetite, 1995, **25**, 267-284.
[20] Venkatraman M., Price L.: Differentiating between cognitive and sensory innovativeness: concepts, measurements and implications. J. Business Res., 1990, **20 (4)**, 293-315.

INNOVATIVE CONSUMER OF FOOD OF ANIMAL ORIGIN

S u m m a r y

Product innovation is an important factor of competitiveness provided its market implementation is preceded by detailed research studies on consumer needs and expectations. Considering the popularization of novelties, those innovators are particularly interesting, who are the first to buy new products. Under-

standing their profile and specificity of their market behaviour considerably facilitates the commercialization of new products.

In the paper, the survey results are presented of consumer attitudes and behaviours towards innovative products of animal origin. The survey was carried out in December 2011 on a representative sample of 1000 respondents aged 15 and more from Poland; it was focused on the identification and description of social and demographic profile of innovators.

It was found that the innovativeness of consumers as regards dairy products was higher than towards meat products and eggs. It was proved that the level of innovativeness was mainly determined by such features as place and place of residence. At the same time, the innovators polled showed to feel more disposed to pay a higher price for innovative products of animal origin.

Key words: food of animal origin, innovation, consumer behaviour

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 195 – 210

MAREK NOWAK, MACIEJ OZIEMBŁOWSKI, TADEUSZ TRZISZKA,
HALINA BEŃ

OCENA WAŻNOŚCI CECH SERA TWARDEGO I MIEJSCA JEGO ZAKUPU W OPINIACH KONSUMENTÓW Z HOLANDII, NIEMIEC I POLSKI

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono wyniki badań konsumenckich, przeprowadzone wśród holenderskich, niemieckich i polskich nabywców sera twardego, dotyczące oceny cech tego produktu i miejsca jego zakupu. Wszyscy respondenci wskazali supermarkety i markety jako główne miejsca zakupu sera twardego. O zakupie sera decydowały różne czynniki, w zależności od grupy konsumentów – przyzwyczajenie było bardzo ważne lub ważne głównie dla respondentów holenderskich, cena – dla polskich uczestników badań, marka – dla holenderskich, a chęć spróbowania nowego gatunku sera – dla niemieckich ankietowanych. Znaczenie reklamy niemal wszyscy respondenci ocenili jako mało ważne lub nieważne. Podczas oceny warunków w miejscu zakupu prawie wszyscy uczestnicy badań uznali za bardzo ważne i ważne: czystość sklepu i schludność sprzedawcy, lokalizację – głównie ankietowani w Holandii, a obecność klimatyzacji i kompetencje sprzedawcy – w Niemczech. Spośród cech sera twardego bardzo ważne i ważne dla respondentów z trzech badanych krajów były: świeżość i smak, ponadto dla niemieckich i holenderskich ankietowanych – trwałość; zapach i konsystencja, dla holenderskich – barwa, a dla niemieckich – zdrowotność. Informację o terminie przydatności do spożycia uznali za bardzo ważną i ważną ankietowani z trzech badanych krajów, dotyczącą kaloryczności, certyfikatów jakości, zawartości białka i konserwantów oraz wartości odżywczej – głównie holenderscy i niemieccy respondenci, a o zawartości tłuszczu – niemieccy. Konsumenci z Niemiec i Holandii podobnie ocenili ważność cech sera oraz dotyczących go informacji, podczas gdy w Polsce cechy produktu oraz informacje na jego temat za bardzo ważne i ważne uznało dużo mniej ankietowanych osób.

Słowa kluczowe: ser twardy, ocena konsumencka, zróżnicowanie opinii nabywców, konsumenci holenderscy, niemieccy i polscy

Dr M. Nowak, Instytut Ekonomii i Nauk Społecznych, Wydz. Przyrodniczo-Technologiczny, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,. Pl. Grunwaldzki 24 a, 50-363 Wrocław, dr inż. M. Oziembłowski, prof. dr hab. T. Trziszka, mgr inż. H. Beń, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chełmońskiego 37-41, 51-630 Wrocław

Wprowadzenie

Postępująca globalizacja gospodarki doprowadziła do znacznego ujednolicenia produktów codziennego użytku znajdujących się w sprzedaży w różnych krajach. Proces ten w dużo mniejszym stopniu objął rynki produktów żywnościowych, na których nadal powszechne jest dostosowywanie oferty do specyficznych wymogów miejscowych konsumentów. Zakup i konsumpcja żywności należą bowiem do czynności rutynowych, na które duży wpływ, poza cechami samego produktu i jego nabywcy, mają również uwarunkowania środowiskowe i kulturowe, obejmujące zarówno poziom i styl życia w poszczególnych krajach, jak i ich wiedzę na temat właściwości określonych produktów [6, 21]. Różnice międzykulturowe wpływające na zachowania nabywców żywności powinny być uwzględniane w przedsiębiorstwach dążących do usatysfakcjonowania klientów zamieszkałych w różnych krajach. Z tego względu w wielu ośrodkach naukowych realizowane były i są badania dotyczące oczekiwań nabywców z wielu państw względem cech wybranych produktów żywnościowych oraz procesu ich zakupu i konsumpcji [14, 16, 18, 20, 22, 26, 27, 28, 33, 35].

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej spowodowało otwarcie rynku unijnego dla polskich producentów i rynku polskiego dla dostawców unijnych. Tym samym problem określenia różnic w oczekiwaniach polskich i unijnych konsumentów w stosunku do kupowanych produktów stał się szczególnie aktualny dla krajowych eksporterów i importerów żywności.

Celem pracy było określenie podobieństw i różnic w ocenie ważności cech sera twardego oraz czynników związanych z jego zakupem na podstawie badań konsumenckich przeprowadzonych w grupie nabywców pochodzących z trzech wybranych krajów UE – Holandii, Niemiec i Polski.

Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w 2008 roku, jednak wnioski z nich wynikające nie straciły na aktualności, bowiem istotne zmiany uwarunkowań kulturowych i ekonomicznych, wpływających na modyfikacje zachowań nabywców żywności, mają długookresowy charakter.

We wstępnej fazie sprecyzowano warunki, jakie powinny spełniać produkty żywnościowe objęte badaniami w Holandii, Niemczech i Polsce. Zaliczono do nich: powszechną znajomość produktu wśród konsumentów we wszystkich trzech krajach, stałą obecność w diecie członków większości gospodarstw domowych, wysoki stopień standaryzacji produkcji, możliwie duże podobieństwo niemieckich, holenderskich i polskich rodzajów produktów, dużą częstotliwość ich zakupów oraz powszechną dostępność w sieciach dystrybucji. Po obserwacji bezpośredniej wielu placówek handlu detalicznego w wyżej wymienionych krajach oraz rozmowach sondażowych z pol-

skimi, niemieckimi i holenderskimi konsumentami dokonano wyboru sera twardego (podpuszczkowego) jako produktu żywnościowego w największym stopniu spełniającego przyjęte założenia. W Niemczech ser ten był sprzedawany wyłącznie w opakowaniach zamkniętych, w Holandii natomiast zakup „na wagę" możliwy był tylko w placówkach specjalistycznych, a w Polsce – w wielu sklepach różnego rodzaju.

Do zebrania opinii dotyczących oczekiwanych przez nabywców cech sera i warunków w miejscu jego zakupu zastosowano konsumenckie standaryzowane wywiady bezpośrednie. Kwestionariusz wywiadu otwierało pytanie filtrujące, eliminujące osoby kupujące ser twardy rzadziej niż raz na tydzień. Na podstawie obserwacji własnych oraz analizy literatury przedmiotu sformułowano pytania dotyczące: miejsca zakupu produktu (lokalizacja punktu sprzedaży, obecność klimatyzacji, schludność sprzedawcy, czystość placówki handlowej, kompetencje sprzedawcy), czynników wpływających na podjęcie decyzji o zakupie (przyzwyczajenie, cena, marka, chęć spróbowania nowego produktu, reklama), oczekiwanych cech sera twardego (świeżość, trwałość, zdrowotność, smak, zapach, barwa, konsystencja), dostępnych na opakowaniu w sklepie i mediach informacji o produkcie (kaloryczność, certyfikaty jakości, zawartość tłuszczu, zawartość konserwantów, zawartość białka, data przydatności do spożycia, wartość odżywcza) [3, 4, 12, 13, 14, 15, 25, 29]. Kwestionariusze przygotowano w trzech wersjach językowych: angielskiej (do badań na terenie Holandii), niemieckiej i polskiej. Subiektywną ważność poszczególnych czynników respondenci oceniali w pięciostopniowej skali (bardzo ważne, ważne, trudno powiedzieć, mało ważne, nieważne).

Łącznie przeprowadzono 926 wywiadów w następujących miastach: Bonn, Kolonia, Düsseldorf – Niemcy, Amsterdam – Holandia i Wrocław – Polska. Wywiady przeprowadzano na parkingach przy centrach handlowych, na terenach rekreacyjnych, w parkach oraz na przystankach komunikacji publicznej.

W celu ustalenia zależności między opiniami nabywców a krajem ich zamieszkania zastosowano test nieparametryczny χ^2 z wykorzystaniem programu Statistica 8.0. Strukturę próby respondentów przedstawiono w tab. 1.

Wyniki i dyskusja

W tab. 2. przedstawiono dane dotyczące częstotliwości oraz miejsca zakupu sera twardego.

T a b e l a 1

Struktura badanych respondentów.
Structure of polled respondents.

Wyszczególnienie / Specification		Liczba / Number	Udział [%] / Participation [%]
Kraj Country	Holandia / The Netherlands	326	35,2
	Niemcy / Germany	307	33,2
	Polska / Poland	293	31,6
Płeć Sex	kobiety / females	510	55,1
	mężczyźni / males	416	44,9
Wiek Age	≤ 29	173	18,7
	30 - 39	180	19,4
	40 – 49	208	22,5
	50 – 59	151	16,3
	≥ 60	214	23,1
Wykształcenie Education	podstawowe i zawodowe primary and vocational	239	25,8
	średnie / secondary	431	46,6
	Wyższe / higher	256	27,6
Status Status	aktywny zawodowo / professionally active	605	65,3
	emeryt / senior citizen	206	22,3
	uczący się / student	73	7,9
	prowadzi gospodarstwo domowe running a household	30	3,2
	bezrobotny / unemployed	12	1,3
Dochód miesięczny Monthly income	poniżej średniej / below average	188	20,3
	na poziomie średniej / average	317	34,2
	powyżej średniej / above average	336	36,3
	brak odpowiedzi / no reply	85	9,2

Zdecydowana większość respondentów wskazała markety i supermarkety jako miejsce zakupu sera twardego. Większość osób badanych w Holandii i w Niemczech deklarowała zakup raz w tygodniu (odpowiednio 76,7 i 75,9 %), natomiast w Polsce – kilka razy tygodniowo (56,9 %). Dokonywanie zakupów w supermarketach i marketach deklarowało 84,5 % polskich respondentów, 80,5 % – niemieckich i 74,5 % – holenderskich. Tendencja do ograniczania zakupu sera twardego w tradycyjnych placówkach handlowych na rzecz sklepów wielkopowierzchniowych, powszechna w rozwiniętych krajach UE, dotarła również do Polski [17, 19, 36].

T a b e l a 2

Częstotliwość i miejsce zakupu sera twardego.
Frequency and place of purchasing hard cheese.

Wyszczególnienie / Specification		Udział [%] / Participation [%]		
Kraj Country		Holandia The Netherlands	Niemcy Germany	Polska Poland
Częstotliwość zakupu Frequency of purchase	raz na tydzień / once a week	76,7	75,9	43,1
	kilka razy na tydzień several times per week	23,3	24,1	56,9
Miejsce zakupu Place of purchase	market / supermarket	74,5	80,5	84,5
	sklep osiedlowy / local shop in housing estate	13,2	10,8	12,7
	inne[1] / other [1]	12,3	8,7	2,8

1 - hurtownia, dyskont, targ / wholesale store, discount store, open air market

Przyzwyczajenie stanowiło bardzo ważny lub ważny czynnik wpływający na podjęcie decyzji o zakupie sera twardego dla 64,7 % holenderskich respondentów, podobnie jak dla ankietowanych w Niemczech i Polsce (odpowiednio: 54,4 i 56,0 % wskazań). Zależność tę potwierdziły wyniki badań Góralczyk [10]. Cenę jako bardzo ważną lub ważną przesłankę zakupu wskazało 84,0 % osób ankietowanych na terenie Polski, co odbiegało od wyników uzyskanych w badaniach z terenu Niemiec (66,5 %) i Holandii (40,8 %). Istotny wpływ ceny na podjęcie decyzji o zakupie żywności potwierdziły wyniki innych badań przeprowadzonych na terenie Polski i Niemiec [2, 11, 29]. Według wskazań eurobarometru, 91 % respondentów z terenu UE uznało cenę za czynnik współdecydujący o zakupie produktów żywnościowych [7]. Z kolei marka była bardzo ważna lub ważna głównie dla holenderskich respondentów (59,5 % wskazań), a w mniejszym stopniu dla niemieckich (33,2 %) i polskich (29,0 %). Zgodnie ze wskazaniami eurobarometru [7] marka była istotna dla 47 % nabywców z obszaru UE, a Góralczyk [11] potwierdziła jej znaczenie dla nabywców produktów spożywczych. Wzrost znaczenia tego czynnika był ściśle związany z miejscem zakupu, gdyż to właśnie znajomość marki umożliwia dokonanie wyboru spośród wielu produktów oferowanych w sklepach wielkopowierzchniowych. Pragnienie spróbowania nowego produktu było bardzo ważne lub ważne przede wszystkim dla niemieckich respondentów (50,2 % wskazań), a mniej istotne dla holenderskich (34,3 %) i polskich (18,8 %). Nieznaczny wpływ chęci spróbowania nowości na postępowanie nabywców produktów mleczarskich stwierdzono również w badaniach Górskiej-Warsewicz [9] oraz Świdy i Sikory [31]. Według zgodnej opinii wszystkich respondentów, reklama miała

T a b e l a 3

Czynniki wpływające na decyzję o zakupie sera twardego.
Factors influencing decision to purchase hard cheese.

Wyszczególnienie Specification		Udział [%] / Participation [%]		
Kraj Country		Holandia The Netherlands	Niemcy Germany	Polska Poland
Przyzwyczajenie Habit	bardzo ważne / very important	16,2	11,7	13,3
	ważne / important	48,5	42,7	42,7
	trudno powiedzieć / hard to tell	16,9	16,6	9,2
	mało ważne / of little importance	12,3	14,3	27,3
	nieważne / unimportant	6,1	14,7	7,5
Cena Price	bardzo ważna / very important	4,0	10,8	32,8
	ważna / important	36,8	55,7	51,2
	trudno powiedzieć / hard to tell	18,4	13,4	1,0
	mało ważna / of little importance	23,9	15,6	15,0
	nieważna / unimportant	16,9	4,5	0,0
Marka Brand	bardzo ważna / very important	8,0	4,9	4,1
	ważna / important	51,5	28,3	24,9
	trudno powiedzieć / hard to tell	22,7	13,4	15,0
	mało ważna / of little importance	15,3	29,0	46,1
	nieważna / unimportant	2,5	24,4	9,9
Chęć spróbowania nowego produktu Desire to try new product	bardzo ważna / very important	2,7	6,2	3,4
	ważna / important	31,6	44,0	15,4
	trudno powiedzieć / hard to tell	21,2	26,7	8,5
	mało ważna / of little importance	21,8	14,3	51,5
	nieważna / unimportant	22,7	8,8	21,2
Reklama Advertisement	bardzo ważna / very important	0,6	2,6	0,0
	ważna / important	14,1	11,1	1,0
	trudno powiedzieć / hard to tell	23,3	9,4	5,5
	mało ważna / of little importance	34,4	35,2	27,3
	nieważna / unimportant	27,6	41,7	66,2

niewielki wpływ na ich zachowania zakupowe: za bardzo ważny lub ważny czynnik uznało ją 1,0 % osób ankietowanych w Polsce, 13,7 % w Niemczech i 14,7 % w Holandii. Pogląd ten potwierdził wyniki innych badań zachowań konsumenckich [10, 17]. Należy jednak zauważyć, że prawidłowo opracowany przekaz reklamowy powinien wpływać na decyzje zakupowe w taki właśnie sposób, aby nabywcy nie zdawali sobie sprawy z jego oddziaływania.

T a b e l a 4

Ocena warunków miejsca zakupu sera twardego.
Assessment of conditions in place of purchasing hard cheese.

Wyszczególnienie / Specification		Udział [%] / Participation [%]		
Kraj Country		Holandia The Netherlands	Niemcy Germany	Polska Poland
Lokalizacja sklepu Store location	bardzo ważna / very important	3,1	10,1	7,2
	ważna / important	45,7	30,0	30,7
	trudno powiedzieć / hard to tell	12,3	9,8	10,2
	mało ważna / of little importance	28,8	30,9	22,5
	nieważna / unimportant	10,1	19,2	29,4
Klimatyzacja Air Conditioning system	bardzo ważna / very important	5,8	15,3	5,5
	ważna / important	43,3	44,0	46,4
	trudno powiedzieć / hard to tell	8,6	9,8	10,6
	mało ważna / of little importance	24,5	15,0	34,8
	nieważna/ unimportant	17,8	15,9	2,7
Czystość miejsca zakupu Cleanness of place of purchase	bardzo ważna / very important	39,6	65,1	23,2
	ważna / important	56,4	32,6	75,8
	trudno powiedzieć / hard to tell	3,7	0,3	0,7
	mało ważna / of little importance	0,0	1,0	0,3
	nieważna / unimportant	0,3	1,0	0,0
Schludność sprzedawcy Tidiness of shop assistant	bardzo ważna / very important	31,0	59,9	20,5
	ważna / important	55,2	37,1	78,5
	trudno powiedzieć / hard to tell	11,0	0,3	0,7
	mało ważna / of little importance	2,8	2,0	0,3
	nieważna / unimportant	0,0	0,7	0,0
Kompetencje sprzedawcy Competences of shop assistant	bardzo ważne / very important	10,4	32,9	4,4
	ważne / important	41,1	34,2	27,0
	trudno powiedzieć / hard to tell	14,4	8,2	17,1
	mało ważne / of little importance	22,1	13,0	31,0
	nieważne / unimportant	12,0	11,7	20,5

Odpowiednia lokalizacja sklepu była najistotniejsza dla respondentów holenderskich, spośród których 48,8 % uznało ją za bardzo ważną i ważną, następnie dla niemieckich – 40,1 % wskazań oraz polskich – 37,9 % (tab. 4). Klimatyzacja w sklepie okazała się bardzo ważna lub ważna dla 59,3 % niemieckich respondentów, 51,9 % polskich i 49,1% holenderskich. Czystość miejsca zakupu oceniło jako bardzo ważną lub ważną 99,0 % polskich ankietowanych, 97,7 % niemieckich i 96,0 % holenderskich. Schludność sprzedawcy była bardzo ważna lub ważna dla 99,0 % polskich respondentów, 97,0 % niemieckich i 86,2 % holenderskich. Natomiast kompetencje sprzedawcy uznało za bardzo ważne lub ważne jedynie 31,4 % polskich uczestników badań, podczas gdy holenderskich – 51,5 % i niemieckich – 67,1 % (tab. 4). Wyniki innych badań przeprowadzonych na terenie Polski również dowodziły ważności takich czynników, jak klimatyzacja sklepu i schludność sprzedawców [17].

Niemal wszystkie osoby objęte badaniami uznały za bardzo ważne i ważne: świeżość oraz smak sera twardego. Zależność ta wystąpiła także w innych badaniach [1, 24, 31]. Trwałość produktu stanowiła bardzo ważną lub ważną cechę dla zdecydowanej większości holenderskich i niemieckich respondentów (odpowiednio 93,9 i 89,9 %), zaś dużo mniejszą – dla polskich (30,4 %). Wpływ tej cechy produktu na wybór konsumentów wykazała także Nieżurawska [23]. Zdrowotność sera za bardzo ważną lub ważną uznało 86,3 % niemieckich respondentów, 52,5 % holenderskich i tylko 12,0 % polskich. Zapach sera twardego jako bardzo ważny i ważny oceniło 93,0 % osób badanych w Niemczech i 87,7 % badanych w Holandii, podczas gdy w Polsce dużo mniej – 54,4 % respondentów. Zależność ta wystąpiła również w innych badaniach przeprowadzonych w Polsce [24, 31]. Barwę jako bardzo ważną lub ważną wskazało 69,3 % osób objętych badaniami w Holandii, natomiast w Polsce i w Niemczech odsetek ten wyniósł odpowiednio 48,1 i 38,4 %. Konsystencję sera twardego jako bardzo ważną lub ważną oceniło 72,7 % holenderskich oraz 67,4 % niemieckich respondentów i jedynie 28,4 % – polskich.

Spośród informacji dotyczących sera twardego data przydatności do spożycia została uznana za bardzo ważną lub ważną przez niemal wszystkich respondentów, a podobny wynik uzyskano w innych badaniach [8, 31, 32]. Informacja o kaloryczności okazała się bardzo ważna lub ważna dla 50,5 % niemieckich uczestników i 40,5 % holenderskich, a tylko 2,4 % polskich. Świda i Sikora [31] potwierdzają brak zainteresowania tą informacją ze strony polskich nabywców produktów mlecznych [31]. Wiadomości dotyczące posiadanych certyfikatów jakości sera twardego za bardzo ważne lub ważne uznało 66,8 % niemieckich respondentów, 55,5 % holenderskich i dużo mniej polskich (22,6 %). Z badań Świdy i Sikory [31] oraz Świdy i Kulińskiego [32] również wynika mniejsze zainteresowanie polskich nabywców takimi informacjami. Zbliżone rezultaty uzyskano również w badaniach chińskich konsumentów produktów

T a b e l a 5

Ocena cech sera twardego.
Assessment of hard cheese features.

Wyszczególnienie / Specification		Udział [%] / Participation [%]		
Kraj Country		Holandia The Netherlands	Niemcy Germany	Polska Poland
Świeżość Freshness	bardzo ważna / very important	47,5	66,8	41,0
	ważna / important	45,4	30,3	57,0
	trudno powiedzieć / hard to tell	6,8	2,0	2,0
	mało ważna / of little importance	0,3	0,3	0,0
	Nieważna / unimportant	0,0	0,6	0,0
Trwałość Shelf-life	bardzo ważna / very important	42,7	50,8	3,8
	ważna / important	51,2	39,1	26,6
	trudno powiedzieć / hard to tell	5,5	3,3	12,0
	mało ważna / of little importance	0,6	5,2	31,7
	nieważna / unimportant	0,0	1,6	25,9
Zdrowotność Pro-health benefits	bardzo ważna / very important	12,3	32,6	1,4
	Ważna / important	40,2	53,7	10,6
	trudno powiedzieć / hard to tell	30,7	8,8	13,3
	mało ważna / of little importance	15,3	3,9	45,7
	nieważna / unimportant	1,5	1,0	29,0
Smak Taste	bardzo ważny / very important	66,9	65,5	29,0
	ważny / important	29,1	33,6	63,1
	trudno powiedzieć / hard to tell	4,0	0,6	7,9
	mało ważny / of little importance	0,0	0,3	0,0
	nieważny / unimportant	0,0	0,0	0,0
Zapach Smell	bardzo ważny / very important	49,7	45,0	12,6
	ważny / important	43,3	42,7	41,6
	trudno powiedzieć / hard to tell	6,1	6,8	11,3
	mało ważny / of little importance	0,6	3,3	24,9
	nieważny / unimportant	0,3	2,2	9,6
Barwa Colour	bardzo ważna /veryimportant	20,5	8,1	4,4
	ważna / important	48,8	30,3	43,7
	trudno powiedzieć / hard to tell	23,0	12,1	4,8
	mało ważna / of little importance	7,1	25,4	36,9
	nieważna/ unimportant	0,6	24,1	10,2
Konsystencja Consistence	bardzo ważna/very important	14,4	16,3	3,1
	ważna / important	58,3	51,1	25,3
	trudno powiedzieć / hard to tell	23,3	14,3	11,9
	mało ważna / of little importance	3,1	11,1	42,0
	nieważna / unimportant	0,9	7,2	17,7

T a b e l a 6

Ocena dostępnych informacji na opakowaniach serów twardych.
Assessment of information available on hard cheese packagings.

Wyszczególnienie / Specification		Udział [%] / Participation [%]		
Kraj Country		Holandia The Netherlands	Niemcy Germany	Polska Poland
Kaloryczność Caloric value	bardzo ważna / veryimportant	4,0	10,8	0,0
	ważna / important	36,5	39,7	2,4
	trudno powiedzieć / hard to tell	28,2	7,2	6,8
	mało ważna / of little importance	21,8	19,2	36,5
	nieważna / unimportant	9,5	23,1	54,3
Certyfikaty jakości Quality certificates	bardzo ważne / very important	9,5	15,0	1,4
	ważne / important	46,0	51,8	21,2
	trudno powiedzieć / hard to tell	27,3	15,0	9,5
	mało ważne / of little importance	13,5	12,0	37,9
	nieważne/ unimportant	3,7	6,2	30,0
Zawartość tłuszczu Fat content	bardzo ważna / very important	1,8	12,7	0,7
	ważna / important	23,6	39,7	6,8
	trudno powiedzieć / hard to tell	31,9	9,5	6,5
	mało ważna / of little importance	31,0	18,2	33,1
	nieważna / unimportant	11,7	19,9	52,9
Zawartość białka Protein content	bardzo ważna / very important	2,8	9,1	0,7
	ważna / important	31,0	32,6	1,7
	trudno powiedzieć / hard to tell	24,2	12,0	2,0
	mało ważna / of little importance	33,7	26,4	28,7
	nieważna / unimportant	8,3	19,9	66,9
Zawartość konserwantów Content of preservatives	bardzo ważna / very important	20,0	14,7	1,7
	ważna / important	55,5	47,9	7,2
	trudno powiedzieć / hard to tell	18,1	14,3	10,6
	mało ważna / of little importance	5,2	12,4	44,7
	nieważna / unimportant	1,2	10,7	35,8
Data ważności Best-before date	bardzo ważna / very important	47,5	45,6	42,0
	ważna / important	43,9	44,9	55,6
	trudno powiedzieć / hard to tell	7,1	2,9	2,4
	mało ważna / of little importance	0,9	3,3	0,0
	nieważna / unimportant	0,6	3,3	0,0
Wartość odżywcza Nutritional value	bardzo ważna / very important	15,3	16,0	1,0
	ważna / important	50,0	34,2	11,6
	trudno powiedzieć / hard to tell	24,6	22,5	7,2
	mało ważna / of little importance	8,9	14,6	47,1
	nieważna / unimportant	1,2	12,7	33,1

mlecznych [34]. Informację dotyczącą zawartości tłuszczu uznało za bardzo ważną lub ważną 52,4 % respondentów z Niemiec, 25,4 % z Holandii i tylko 7,5 % z Polski. Informację o zawartości białka oceniło jako bardzo ważną lub ważną 41,0 % niemieckich respondentów, 33,8 % – holenderskich i jedynie 2,4 % – polskich. Małe znaczenie tego typu przekazu dla polskich nabywców potwierdzili Świda i Sikora [31]. Informacja o zawartości konserwantów w serze okazała się bardzo ważna lub ważna dla 75,5 % osób objętych badaniami w Holandii, 62,5 % – w Niemczech i tylko 8,9 % ankietowanych w Polsce. Informacja o wartości odżywczej była bardzo ważna lub ważna dla 65,3 % holenderskich respondentów, 50,2 % niemieckich i tylko 12,7 % polskich. Jej mniejsze znaczenie dla polskich konsumentów stwierdziły Szczebiotko i Jabłecka [30].

W celu ustalenia zależności między opiniami respondentów przedstawionymi w tab. 2., 3., 4., 5. i 6. a krajem ich zamieszkania obliczono wartość testu χ^2, zgodnie z wymogami dotyczącymi warunków jego stosowania [5], oraz wartość współczynnika V Cramera.

Z wartości testu χ^2 wynika, że zachodzi statystycznie istotna zależność między odpowiedziami na wszystkie analizowane pytania a krajem zamieszkania respondenta (tab. 7). Analiza wartości współczynnika V Cramera wykazała istnienie względnie silnego związku między krajem zamieszkania respondentów a ocenami dotyczącymi ważności trwałości i zdrowotności sera twardego, informacji o kaloryczności, zawartości tłuszczu, białka i konserwantów oraz wartości odżywczej (tab. 7). Umiarkowana zależność wystąpiła natomiast w przypadku odpowiedzi na pytania dotyczące: częstotliwości zakupu, czynników wpływających na podjęcie decyzji zakupu (cena, marka, chęć spróbowania nowego, reklama), warunków w miejscu zakupu (klimatyzacja, czystość miejsca zakupu, schludność sprzedawcy, kompetencje sprzedawcy), cech sera twardego (zapach, barwa, konsystencja) oraz informacji o certyfikatach jakości (tab. 7).

Analiza statystyczna wyników badań wykazała istnienie znacznych podobieństw w odpowiedziach na większość pytań udzielonych przez niemieckich i holenderskich respondentów oraz wyraźnych różnic między nimi a wieloma opiniami osób ankietowanych w Polsce.

W odniesieniu do czynników decydujących o podjęciu decyzji zakupu sera twardego różnice te dotyczyły: chęci spróbowania nowego gatunku sera ważnej i bardzo ważnej dla polskich (18,8 % wobec 34,3 % holenderskich i 50,2 % niemieckich) ankietowanych, a także reklamy ważnej lub bardzo ważnej dla polskich (1,0 % wobec 14,7 % holenderskich oraz 13,7 % niemieckich) respondentów. W przypadku ceny różnica w odpowiedziach zaznaczyła się natomiast szczególnie między respondentami polskimi a holenderskimi (cena okazała się bardzo ważna lub ważna dla 84,0 % polskich wobec 40,8 % holenderskich respondentów) i była mniej znaczna w zestawieniu z ankietowanymi z Niemiec, gdzie 66,5 % uznało cenę za bardzo ważną lub ważną.

T a b e l a 7

Wartości testu χ^2 i współczynnika V Cramera obliczone na podstawie zależności między opiniami nabywców sera twardego a krajem ich zamieszkania.
Values of χ^2 test and Cramer's V coefficient computed based on correlation between buyers' opinions of hard cheese and country of their residence.

Odpowiedzi / Answers		χ^2	V
Miejsce zakupu / Place of purchase		20,457*	0,105
Częstotliwość zakupu / Frequency of purchase		98,693*	0,326
Czynniki wpływające na zakup Purchase influencing factors	przyzwyczajenie / habit	48,435*	0,162
	cena / price	218,598*	0,344
	marka / brand	165,361*	0,299
	chęć spróbowania nowego produktu desire to try new product	173,804*	0,306
	reklama / advertisement	140,413*	0,275
Oczekiwane warunki w miejscu zakupu Expected conditions in place of purchase	lokalizacja sklepu / store location	60,687*	0,181
	klimatyzacja / air conditioning system	79,417*	0,207
	czystość miejsca zakupu cleanness of place of purchase	134,655*	0,270
	schludność sprzedawcy tidiness of shop assistant	178,653*	0,311
	kompetencje sprzedawcy competences of shop assistant	136,801*	0,272
Oczekiwane cechy sera twardego Expected features of hard cheese	świeżość / freshness	63,470*	0,185
	trwałość / shelf-life	443,657*	0,489
	zdrowotność / pro-health benefits	512,739*	0,526
	zapach / smell	227,262*	0,350
	barwa / colour	321,001*	0,353
	konsystencja / consistence	257,690*	0,386
Informacje o produkcie Information on product	kaloryczność / caloric value	331.666*	0,423
	certyfikaty jakości / quality certificates	261,273*	0,376
	zawartość tłuszczu / fat content	315,704*	0,413
	zawartość białka / protein content	360,757*	0,441
	zawartość konserwantów content of preservatives	417,832*	0,475
	data ważności / best-before date	42,412*	0,151
	wartość odżywcza / nutritional value	356,093*	0,438

* wartość statystycznie istotna przy p = 0,05 / statistically significant value at p = 0.05.

Spośród cech sera twardego dużo mniej osób objętych badaniami w Polsce (30,4 %) uznało za bardzo ważną lub ważną trwałość (w Holandii 93,9 %, a w Niemczech 89,9 %), zdrowotność – 12,0 %, (w Holandii 52,5 % i Niemczech 86,3 %), konsystencję – 28,4 %, (w Holandii 72,7 % i Niemczech 67,4 %). Rozbieżności między opiniami polskich oraz niemieckich i holenderskich respondentów były znaczne zwłaszcza w przypadku oceny przydatności informacji o serze. O wiele mniej osób badanych w Polsce uznało za bardzo ważne lub ważne informacje dotyczące: kaloryczności – 2,4 %, (w Holandii 40,5 % i Niemczech 50,5 %), certyfikatów jakości – 22,6 % (w Holandii 55,5 % i Niemczech 66,8 %), zawartości tłuszczu– 7,5 % (w Holandii 25,4 % i Niemczech 52,4 %), białka – 2,4 % (w Holandii 33,8 % i Niemczech 41,7 %), zawartości konserwantów – 8,9 % (w Holandii 75,5 % i Niemczech 62,6 %) oraz wartości odżywczej – 12,6 % (w Holandii 65,3 % i Niemczech 50,2 %).

Wnioski

1. Konsumenci z Holandii, Niemiec i Polski kupowali ser twardy głównie w marketach i supermarketach. Większość holenderskich i niemieckich respondentów dokonywała zakupu sera raz w tygodniu, natomiast polscy ankietowani – kilka razy w tygodniu.
2. O zakupie sera decydowały różne czynniki w zależności od grupy konsumentów – przyzwyczajenie było bardzo ważne lub ważne głównie dla respondentów holenderskich, cena – dla polskich uczestników badań, marka – dla holenderskich, a chęć spróbowania nowego gatunku sera – dla niemieckich ankietowanych. Wszyscy respondenci ocenili reklamę jako czynnik mało ważny lub nieważny.
3. W ocenie warunków miejsca zakupu sera twardego wszyscy uczestnicy badań uznali za bardzo ważne lub ważne: czystość miejsca zakupu i schludność sprzedawcy, natomiast lokalizację głównie respondenci holenderscy, a obecność klimatyzacji i kompetencje sprzedawcy – niemieccy.
4. Wśród cech sera twardego świeżość i smak zostały uznane przez respondentów ze wszystkich krajów za bardzo ważne lub ważne. Trwałość, zapach i konsystencję wskazało najwięcej osób ankietowanych w Holandii i Niemczech, barwę – w Holandii, a zdrowotność – w Niemczech.
5. W ocenie dostępnych informacji o produkcie respondenci w każdym kraju uznali datę przydatności do spożycia za bardzo ważną lub ważną. Przekaz dotyczący kaloryczności, posiadanych certyfikatów jakości, zawartości białka i konserwantów oraz wartości odżywczej okazał się bardzo ważny lub ważny głównie dla osób badanych w Holandii i Niemczech, a informacja o zawartości tłuszczu – w Niemczech.
6. Wyraźne różnice w ocenach respondentów holenderskich i niemieckich oraz respondentów polskich mogły wynikać z przyczyn o charakterze kulturowym. Styl

życia skutkujący niższym ulokowaniem zdrowego odżywiania w hierarchii celów konsumenta oraz niedostatek wiedzy na temat wartości odżywczej produktów żywnościowych i wpływu ich spożycia na funkcjonowanie organizmu człowieka powodowały znacznie mniejsze zainteresowanie polskich nabywców cechami sera oraz informacjami ważnymi dla nabywców niemieckich i holenderskich.

7. Dużo niższy poziom dochodów polskich konsumentów mógł skłaniać ich do uwzględniania ceny przy decydowaniu o zakupie sera twardego w większym stopniu, niż miało to miejsce w przypadku nabywców pochodzących z Niemiec i Holandii.

Literatura

[1] Babicz-Zielińska E.: Zachowania konsumentów w stosunku do żywności i żywienia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2001, **4** (**29**) Supl., 5-13.
[2] Bartosik-Purgat M., Tomalak M., Wierzbicki M.: Postrzeganie polskich produktów przez konsumentów na rynku niemieckim. Marketing i Rynek, 2005, **4**, 25-30.
[3] Bogue J., Ritson C.: Understanding consumers' perceptions of product quality for lighter dairy products through the integration marketing and sensory information. Acta Agric. Scand. Sect. C, Food Economics, 2004, **1**, 67-77.
[4] Botanaki A., Polymeros K., Tsakiridou E., Mattas K.: The role of food quality certification on consumers' food choices. Br. Food J., 2006, **108**, **2**, 77-90.
[5] Churchill G.A.: Badania marketingowe. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2002.
[6] Earle M., Earle R., Anderson A.: Opracowanie produktów spożywczych. WNT, Warszawa 2007, ss. 35-36, 221-223.
[7] Eurobarometr: Co Europejczycy sądzą o bezpieczeństwie żywności, jakości żywności oraz zależności miedzy rolnictwem i obszarami wiejskimi; www.europa.eu/rapid/press-release_IP-12-748_pl.htm [dostęp: 09.12.2012.]
[8] Fadrejewska M., Olczyk B.: Zachowania konsumentów na rynku produktów mlecznych w aspekcie bezpieczeństwa zdrowotnego. W: Konsument żywności i jego zachowania rynkowe. Wyd. SGGW, Warszawa 2000, ss. 279-287.
[9] Górska-Warsewicz H.: Nowe produkty na rynku a opinie i zachowania konsumentów. Przem. Spoż., 2002, **8**, 72-73.
[10] Góralczyk M.: Jak konsumenci oceniają ofertę wyrobów mleczarskich? Przegl. Mlecz., 2006, **11**, 48-50.
[11] Góralczyk M.: Rola marki produktów spożywczych w decyzjach zakupowych konsumentów – studium przypadku. Probl. Jakości, 2007, **3**, 46-48.
[12] Grunert K.G.: Food quality and safety: consumer perception and demand. Eur. Rev. Agric. Econ., 2005, **3**, 369-391.
[13] Grunert K.G., Bech-Larsen T., Bredahl L.: Three issues in consumer quality perception and acceptance of dairy products. Int. Dairy J., 2000, **10**, 575-584.
[14] Hansen T.: Rethinking consumer perception of food quality. J. Food Products Market., 2005, **11** (**2**), 75-92.
[15] Hansen T.: Understanding consumer perception of food quality: the cases of shrimps and cheese. Br. Food J., 2005, **107** (**7**), 500-525.
[16] Jaeger S.R., Andani Z., Wakeling I.N., MacFie H.J.H.: Consumer preferences for fresh and aged apples: A cross-cultural comparison. Food Qual. Prefer., 1998, **9** (**5**), 355-366.

[17] Jeznach M.: Ocena zmian na rynku produktów mleczarskich w opinii respondentów. Rocz. Nauk. SERiA, 2005, **VII**, **3**, 73-77.
[18] Juhl H.J., Kristensen K., Ostergaard P. : Customer satisfaction in European food retailin. J. Retailing Consumer Serv., 2002, **9**, 328.
[19] Krawczyk A.: Zagraniczne sieci handlowe i sklepy wielkopowierzchniowe na rynku artykułów żywnościowych w Polsce. Rocz. Nauk. SERiA, 2005, **VII**, **3**, 97-112.
[20] Midmore P., Naspetti S., Sherwood A.M., Vairo D., Wier M., Zanoli R.: Consumer attitudes to quality and safety of organic and low input foods: A review. Paper at: Joint Organic Congress, 2006, Odensee, pp. 1-63.
[21] Murray J., Delahunty C.M.: Mapping consumer preference for the sensory and packaging attributes of Cheddar cheese. Food Qual. Prefer., 2000, **11**, 419-435.
[22] Nielsen C.P., Thierfelder K., Robinson S.: Consumer preferences and trade in genetically modified foods. J. Policy Model., 2003, **25**, 777-794.
[23] Nieżurawska M.: Jakość żywności a preferencje konsumentów. Przem. Spoż., 2001, **12**, 32-34.
[24] Nieżurawski L., Szczepańska E.: Preferencje klientów na rynku wybranych produktów mleczarskich. Przegl. Mlecz., 2004, **4**, 10-14.
[25] Peri C.: The universe of food quality. Food Qual. Prefer., 2006, **17**, 3-8.
[26] Prescott J.: Comparison of taste perceptions and preferences of Japanese and Australian consumers: overview and implications for cross-cultural sensory research. Food Qual. Prefer., 1998, **9** (**6**), 393-402.
[27] Prescott J., Young O., O'Neill L., Yau N.J.N., Stevens R.: Motives for food choice: a comparison of consumers from Japan, Taiwan, Malaysia and New Zealand. Food Qual. Prefer., 2002, **13**, 489-495.
[28] Rea L.M., Parker R.A.: Designing and Conducting Survey Research. A Comprehensive Guide. Jossey-Bass, San Francisco 2005.
[29] Rohr A., Luddecke K., Drusch S., Muller M.J., Alvensleben R.: Food quality and safety – consumer perception and public health concern. Food Control, 2005, **16**, 649-655.
[30] Szczebiotko D., Jabłecka J.: Preferencje konsumenckie dotyczące opakowań żywności. Opakowanie, 2003, **9**, 10-12.
[31] Świda J., Sikora T.: Preferencje konsumenckie cech jakości produktów mleczarskich w Polsce południowo-wschodniej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1999, **1 (18)**, 60-69.
[32] Świda J., Kuliński A.: Opakowania produktów mleczarskich w opinii konsumentów żywności. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2002, **3 (32)**, 112-122.
[33] Valli C., Traill W.B.: Culture and food: a model of yoghurt consumption in the EU. Food Qual. Prefer., 2005, **16**, 291-304.
[34] Wang Z., Mao Y., Gale F.: Chinese consumer demand for food safety attributes in milk products. Food Policy, 2007, **33**, 27-36.
[35] Wilcock A., Pun M., Khanona J., Aung M.: Consumer attitudes knowledge and behaviour: a review of food safety issues. Trends Food Sci. Technol., 2004, **15**, 56-66.
[36] Wrzesińska J.: Sklepy wielkopowierzchniowe w ocenie konsumentów. Rocz. Nauk. SERiA, 2005, **VII**, **3**, 167-169.

IMPORTANCE ASSESSMENT OF HARD CHEESE FEATURES AND PLACE OF PURCHASING IT IN OPINIONS OF CONSUMERS FROM THE NETHERLANDS, GERMANY, AND POLAND

S u m m a r y

The paper presents the results of consumer surveys, conducted among Dutch, German and Polish buyers of hard cheese, on the features of this product and place of purchasing it. All respondents indicated supermarkets and markets as the main places to purchase hard cheese. Various factors influenced the consumer purchase decision depending on the consumer group: the habit was very important or important mainly for the Dutch respondents; the prices were important for the Polish survey participants; the brand was important for the Dutch consumers; and the desire to try a new type of cheese was important for the polled Germans. Almost all the respondents rated the advertising as not important or unimportant. While assessing the conditions in the place of purchase, nearly all the survey participants found the cleanness of stores and the tidiness of shop assistants to be very important and important. The polled in the Netherlands rated the location of place of purchase as very important and important; the polled Germans rated the air conditioning system present in the shop as well as the competence of shop assistants to be very important and important. Of the features of hard cheese, its freshness and taste were very important and important for the respondents from the three countries. Moreover, the shelf-life, flavour, and texture were important for the German and Dutch respondents, whereas the colour: for the polled Dutch people and the pro-health characteristics for the German respondents. The polled from the three countries rated the information on caloric value as very important and important. The information on quality certificates, content of proteins, preservatives, and nutritional value was rated as very important and important mainly by the Dutch and German respondents, whereas the information on fat content – by the German respondents. The German and Dutch consumers' rating of the importance of cheese features as well as of the information thereon was similar, whereas the number of the polled in Poland who rated the qualities of the product and the information thereon as very important or important was much lower.

Key words: hard cheese, consumer rating, diversity of buyers' opinions, the Netherlands, Germany, Poland

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 211 – 213

HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA

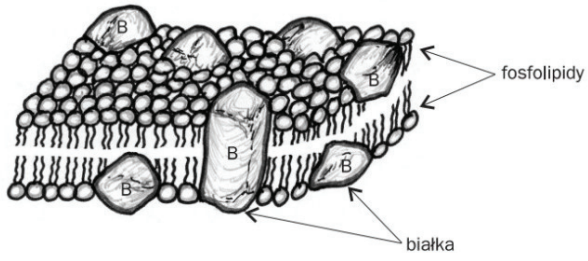
INTERAKCJE SKŁADNIKÓW ŻYWNOŚCI

Prezentujemy 17. część cyklu nt. „Interakcje składników żywności". Druk materiałów z tego cyklu rozpoczęliśmy w Żywności nr 1 (74), 2011.

Pytanie: Jaki jest udział domen hydrofobowych lipidów i białek w budowie błony komórkowej?

Nie jest zadaniem krótkiego artykułu przedstawienie wszystkich problemów związanych z tym zagadnieniem. Niemniej omówienie jednego jego fragmentu pozwoli zrozumieć udział interakcji biomolekuł w kształtowaniu właściwości funkcjonalnych organizmu żywego, w tym składników żywności.

Świat molekuł organicznych występujących w organizmie żywym jest elastyczny i funkcjonuje dzięki konformacyjnym układom determinującym ich biologiczną aktywność. Przykładem tej struktury jest błona komórkowa, która niezależnie od lokalizacji w komórce zbudowana jest z lipidów i białek (rys. 1).

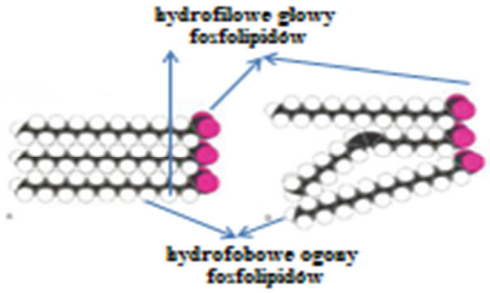


Rys. 1. Budowa błony białkowo-lipidowej.

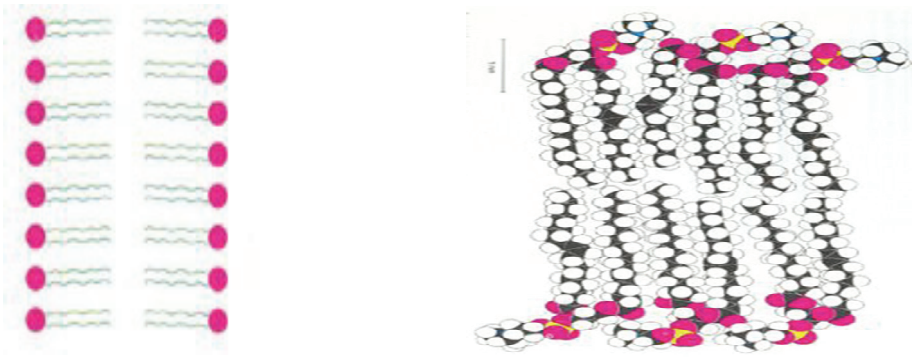
Prof. dr hab. H. Kostyra, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, Oddział Nauki o Żywności, 10-747 Olsztyn, ul. Tuwima 10, prof. dr hab. E. Kostyra, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. Oczapowskiego 7, 10-957 Olsztyn

Lipidy błonowe łączą w jednej cząsteczce dwie przeciwstawne właściwości: mają część hydrofilową i część hydrofobową (rys. 2). Cząsteczki o właściwościach zarówno hydrofilowych, jak i hydrofobowych określa się jako amfipatyczne. Konsekwencją amfipatycznej budowy fosfolipidów jest utworzenie dwuwarstwowej struktury błony komórkowej (rys. 3).

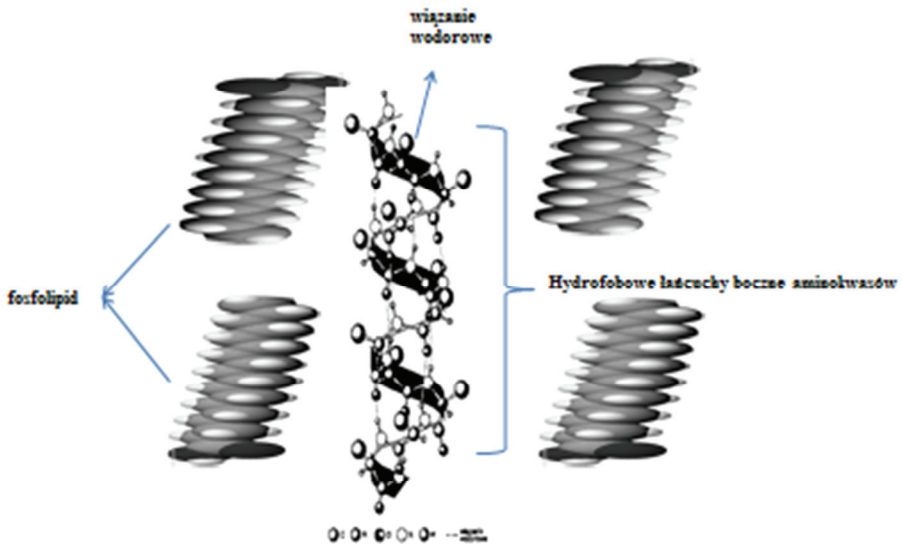
Co jest cechą charakterystyczną tej dwuwarstwowej struktury lipidowej? Wodne środowisko istniejące na zewnątrz komórki i w jej wnętrzu uniemożliwia wydostanie się lipidów błonowych z dwuwarstwy. Natomiast mogą one przemieszczać się w obrębie płaszczyzny dwuwarstwy. Oznacza to, że dwuwarstwa lipidowa jest płynna, a więc elastyczna. Płynność dwuwarstwy lipidowej zależy od rodzaju fosfolipidów budujących błonę, a szczególnie od charakteru ich łańcuchów węglowodorowych. Skoro dwuwarstwa lipidowa jest hydrofobowa, powstaje pytanie o wkomponowywanie w nią białek, które mają zarówno domeny hydrofilowe, jak i hydrofobowe. Hydrofobowość dwuwarstwy lipidowej powoduje presję na strukturę białka w kierunku wytwarzania wiązań wodorowych w obrębie wiązań peptydowych, by tym samym domeny hydrofobowe znalazły się na zewnątrz łańcucha polipeptydowego. Taką strukturę tworzy α helisa. Z tego powodu ogromna większość transbłonowych segmentów łańcuchów polipeptydowych przechodzi przez dwuwarstwę jako helisa α (rys. 4).



Rys. 2. Lipidowe składniki błony komórkowej.



Rys. 3. Dwuwarstwowa struktura lipidowa błony komórkowej.



Rys. 4. Fragment białka o strukturze α helisy wewnątrz dwuwarstwy lipidowej.

Niektórzy czytelnicy mogą zadać pytanie, co przedstawione informacje mają wspólnego z interakcjami składników żywności? Odpowiedź na to pytanie jest jednoznacznie pozytywna. Współczesna technologia, biotechnologia i nanotechnologia żywności stosują coraz nowsze techniki wytwarzania produktów spożywczych. Oznacza to, że wywołują one również nowe interakcje składników żywności, które mogą zmieniać ich aktywność biologiczną oraz właściwości funkcjonalne. Warto ten fakt mieć na uwadze podczas konstruowania nowych produktów spożywczych, szczególnie żywności funkcjonalnej.

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 214 – 216

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOŚCIOWA 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 31 października 2013 r.

Polskie akty prawne

1. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 19 września 2013 r. w sprawie listy gatunków roślin warzywnych i sadowniczych, dla których przeprowadza się badania WGO. Dz. U. 2013 r., poz. 1179).
   Ustalono listę gatunków roślin warzywnych i sadowniczych o dużym znaczeniu gospodarczym, dla których przeprowadza się badania wartości gospodarczej odmiany (badania WGO). Na liście znajdują się następujące rośliny warzywne: bób, burak ćwikłowy, cebula, dynia zwyczajna, fasola zwykła karłowa, groch siewny łuskowy, kalafior, kapusta głowiasta biała, kapusta głowiasta czerwona, marchew jadalna, ogórek sałatkowy i konserwowy, papryka, pietruszka, pomidor, por, rzodkiewka, sałata, seler korzeniowy oraz następujące rośliny sadownicze: czereśnia, grusza, jabłoń domowa, malina właściwa, śliwa domowa, truskawka i wiśnia.
2. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dn. 28 lipca 2008 r. w sprawie nadania funkcjonariuszom Inspekcji Weterynaryjnej, Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych oraz Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa uprawnień do nakładania grzywien w drodze mandatu karnego (tekst jednolity). Dz. U. 2013 r., poz. 1213.
   Ogłoszono jednolity tekst rozporządzenia dotyczącego nadania uprawnień funkcjonariuszom Inspekcji Weterynaryjnej, Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych oraz Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa do na-

Dr G. Morkis, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB w Warszawie, ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warszawa

kładania grzywien w drodze mandatu karnego oraz zasad i sposobu wydawania upoważnień do nakładania grzywien w drodze mandatu karnego.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 913/2013 z dn. 23 września 2013 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania substancji słodzących w niektórych owocowych lub warzywnych produktach do smarowania (Tekst mający znaczenie dla EOG). Dz. Urz. UE L 2013 r., Nr 252, s. 11.
   Wprowadzone zmiany dotyczą dopuszczenia do stosowania substancji słodzących: E 950, E 952, E 954, E 955, E 959 i E 960 w owocowych i warzywnych produktach do smarowania o obniżonej wartości energetycznej i produktach do smarowania pieczywa na bazie suszonych owoców o obniżonej wartości energetycznej lub bez dodatku cukru.
2. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 1069/2013 z dn. 30 października 2013 r., załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania fosforanów sodu (E 339) w osłonkach naturalnych do kiełbas (Tekst mający znaczenie dla EOG). Dz. Urz. UE L 2013 r., Nr 289, s. 61.
   Dopuszczono stosowanie fosforanów sodu (E 339) również w naturalnych osłonkach do kiełbas, a ich zawartość w produkcje końcowym nie może przekraczać 250 mg/kg.
3. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 847/2013 z dn. 30 sierpnia 2013 r. ustanawiające zakaz połowów dorsza atlantyckiego w obszarach I oraz IIb przez statki pływające pod banderami państw członkowskich Unii Europejskiej z wyjątkiem Niemiec, Hiszpanii, Francji, Polski i Zjednoczonego Królestwa (Dz. Urz. UE L 2013 r., Nr 231, s. 21).
   Od 03.09.2013 r. obowiązuje zakaz połowów dorsza atlantyckiego w obszarach I oraz IIb przez statki pływające pod banderami państw członkowskich Unii Europejskiej z wyjątkiem Niemiec, Hiszpanii, Francji, Polski i Zjednoczonego Królestwa w związku z wyczerpaniem przyznanej kwoty połowowej na 2013 r. W szczególności po tym terminie zakazuje się zatrzymywania na burcie, przemieszczania, przeładunku i wyładunku ryb pochodzących z tego stada złowionych przez statki wyżej wymienionych państw.
4. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 948/2013 z dn. 2 października 2013 r. ustanawiające zakaz połowów śledzia atlantyckiego w wodach UE podrejonów 25-27, 28.2, 29 oraz 32 przez statki pływające pod banderą Polski. Dz. Urz. UE L 2013 r., Nr 262, s. 1.
   Od dn. 4 października 2013 r. obowiązuje zakaz połowów śledzia atlantyckiego w wodach UE podrejonów 25-27, 28.2, 29 oraz 32 przez statki pływające pod ban-

derą Polski, w zawiązku z wyczerpaniem się przyznanej kwoty połowów na 2013 r. W szczególności po tym terminie zakazuje się zatrzymywania na burcie, przemieszczania, przeładunku i wyładunku ryb pochodzących z tego stada złowionych przez te statki. ✠

NOWE KSIĄŻKI

Biotechnologia żywności
Bednarski W., Reps A. (red.)
Wydawnictwo: WNT, Warszawa 2013, Wydanie II zmienione, ISBN 978-83-7926-074-4, stron 498, cena 53,40 zł.
Zamówienia: www.larix.lublin.pl

Biotechnologia jest intensywnie rozwijającą się dziedziną nauki. Ma wpływ na wiele sfer funkcjonowania człowieka, m.in. na zdrowie, jakość i długość życia. W drugim wydaniu książki w syntetyczny i całościowy sposób przedstawiono główne kierunki badań i najważniejsze osiągnięcia współczesnej biotechnologii żywności. W książce scharakteryzowano takie pojęcia, jak: wybrane zagadnienia z biologii molekularnej i jej znaczenie w biotechnologii żywności, surowce i materiały w biotechnologii, podstawowe operacje i procesy w biotechnologii, biotechnologia pozyskiwania żywności i składników żywności, technologie fermentacyjne, enzymatyczna modyfikacja składników żywności, biotechnologiczne przetwarzanie produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego i biotechnologiczne metody analizy żywności.

Jakość usług gastronomicznych a ochrona konsumentów w Polsce
Ozimek I.
Wydawnictwo: SGGW, Warszawa 2013, ISBN 978-83-7583-467-3, stron 160, cena 24,50 zł.
Zamówienia: www.larix.lublin.pl

W książce podjęto zagadnienia jakości usług gastronomicznych i ochrony konsumentów w Polsce. Scharakteryzowano usługi gastronomiczne – strukturę placówek gastronomicznych, korzystanie z usług gastronomicznych i czynniki mające wpływ na wybór placówek gastronomicznych przez konsumentów. W drugim rozdziale omówiono uwarunkowania rozwoju ochrony konsumentów i regulacje prawne w tym zakresie, które obowiązują na rynku usług gastronomicznych w Polsce, a w szczególności: rozwój ochrony konsumentów i katalog praw przysługujących konsumentom na rynku usług gastronomicznych, akty prawne i organizację ochrony konsumentów w tym zakresie, odpowiedzialność przedsiębiorcy za świadczenie usług gastronomicznych. W trzecim

rozdziale skupiono się na postrzeganiu jakości usług gastronomicznych w kontekście ochrony konsumentów (jakość usług, wyniki działań kontrolnych na rynku usług gastronomicznych oraz poziom ochrony konsumentów na tym rynku w opinii respondentów).

Zarządzanie jakością
Karaszewski R., Skrzypczyńska K.
Wydawnictwo: TNOiK, Toruń 2013, ISBN 978-83-7285-700-2, stron 426, cena 46,75 zł.
Zamówienia: www.tnoik.com.pl

Książka jest kompendium aktualnej wiedzy w obszarze zarządzania jakością. Autorzy podjęli następujące zagadnienia: a) dotyczące jakości – definicje, koszty i planowanie jakości, b) zarządzania jakością – geneza, ewolucja, podejście kompleksowe, c) współczesnych rozwiązań dotyczących kompleksowego zarządzania jakością, d) instrumentarium stosowane w doskonaleniu jakości, e) modele zarządzania jakością i rozwiązania standaryzacyjne.

Żywienie. Wpływ na zdrowie człowieka
Langley-Evans S., Grzymisławski M.
Jarosz M. red. wyd. pol.
Wydawnictwo: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2013, ISBN 978-83-200-4151-4, stron 304, cena 126,70 zł.
Zamówienia: www.medbook.com.pl

W książce omówiono najistotniejsze aspekty żywienia człowieka we wszystkich etapach życia. Problematyka żywieniowa została przedstawiona z perspektywy fizjologa, biologa molekularnego oraz dietetyka. Podręcznik zawiera wiadomości teoretyczne z zakresu fizjologii i patofizjologii żywienia, podstawowe zalecenia dotyczące prewencji pierwotnej i wtórnej schorzeń nieinterwencyjnych dietozależnych oraz podstawową wiedzę umożliwiającą udzielenie kompetentnych porad dietetycznych osobom zdrowym w różnych stanach fizjologicznych i pacjentom z różnymi schorzeniami.
Podręcznik jest adresowany do studentów uczelni medycznych i rolniczych na kierunku żywienie człowieka oraz do dietetyków, lekarzy i pielęgniarek.

Food Associated Pathogens
[Patogeny w żywności]
Tham W., Danielsson-Tham M.L. (eds.)
Wydawnictwo: CRC Press, 2013, ISBN 9781466584983, stron 354, cena 63,99 £.
Zamówienia: www.crcpress.com

W celu eliminowania chorób, których źródłem może być żywność, ważne jest poznanie źródła problemu. W książce przedstawiono zagadnienia: bakterii chorobotwórczych, wirusów, pierwotniaków pasożytniczych, pleśni i mikotoksyn w żywności oraz związanej z żywnością oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe. Sformułowano również wnioski z zaistniałych zagrożeń dla zdrowia, których źródłem była żywność. Ponadto scharakteryzowano kliniczne aspekty chorób przenoszonych przez żywność. Książka polecana jest dla naukowców, technologów, jak również jednostek kontrolujących związanych ze zdrowiem i bezpieczeństwem żywności.

Anthocyanins in Health and Disease
[Antocyjany w zdrowiu i chorobie]
Wallace T.C, Giusti M.M. (eds.)
Wydawnictwo: CRC Press, 2013, ISBN 9781439894712, stron 368, cena 82,00 £.
Zamówienia: www.crcpress.com

W książce omówiono aspekty związane z wpływem antocyjanów na zdrowie człowieka – ochrona przed chorobami, w tym układu krążenia, zespołu metabolicznego, cukrzycy typu 2 i nowotworów przewodu pokarmowego. Ponadto podjęto zagadnienia prozdrowotnego oddziaływania antocyjanów na utrzymanie komfortu widzenia i zapobieganie chorobom oka, działania ochronnego przeciw starzeniu się skóry, oraz ich roli w odporności wrodzonej. Scharakteryzowano antocyjany ze względu na ich zastosowanie jako naturalnych barwników i stabilizatorów w żywności, w tym funkcjonalnej.

Opracowała: Magdalena Niewczas

TWÓRCY POLSKIEJ NAUKI O ŻYWNOŚCI

POLSCY UCZENI PO II WOJNIE ŚWIATOWEJ
PROF. DR INŻ. JADWIGA JAKUBOWSKA, DR H.C. (1905 – 2001)

Prof. dr inż. Jadwiga Jakubowska urodziła się w Warszawie. W 1929 r. otrzymała tytuł magistra inżyniera w Zakładzie Mikrobiologii i Przemysłu Rolnego Wydziału Ogrodniczego SGGW w Warszawie. Jeszcze przed ukończeniem studiów rozpoczęła pracę w Instytucie Przemysłu Fermentacyjnego i Bakteriologii Rolnej przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa, w pracowni chemicznej, a następnie w pracowni mikrobiologicznej oraz w Oddziale Czystych Kultur Drobnoustrojów Przemysłowych.

W okresie okupacji działała w Armii Krajowej, a po ucieczce z obozu w Pruszkowie zatrzymała się w Osadzie Pałacowej w Skierniewicach, w Pracowni Czystych Kultur. W 1945 r. została starszym asystentem w Zakładzie prof. W. Dąbrowskiego w SGGW.

Po wyjściu za mąż przeniosła się do Łodzi. Od 1947 r. do 1952 r. pracowała na Uniwersytecie Łódzkim, a następnie, od 1952 r. do 1975 r., tj. do przejścia na emeryturę, w Politechnice Łódzkiej, na Wydziale Chemii Spożywczej, gdzie zorganizowała Katedrę Mikrobiologii Technicznej.

Stopień doktora nauk technicznych uzyskała w 1952 r. w SGGW w Warszawie na podstawie pracy doktorskiej pt. „Wytwarzanie acetoiny przez *Streptococcus diacetilacti*". Promotorem pracy był prof. E. Pijanowski. W 1955 r. została profesorem nadzwyczajnym, a w 1972 r. uzyskała tytuł profesora zwyczajnego nauk przyrodniczych. W latach 1952 - 1970 kierowała Katedrą Mikrobiologii Technicznej, a następnie – po reorganizacji Wydziału i utworzeniu Instytutu Technologii Fermentacji i Mikrobiologii – do 1975 r., tj. do momentu przejścia na emeryturę, kierowała Zespołem i Specjalizacją Mikrobiologii Technicznej w Instytucie.

Prof. J. Jakubowska była autorką lub współautorką ponad 200 rozpraw i artykułów naukowych, 45 opracowań przeglądowych, 2 książek i 2 skryptów dydaktycznych oraz 1 patentu. Prezentowała ponad 130 referatów i komunikatów na kongresach i zjazdach naukowych, w tym 30 na konferencjach międzynarodowych. Wielokrotnie była delegowana za granicę, co miało istotne znaczenie w pogłębianiu i kształtowaniu Jej zainteresowań badawczych oraz w inicjowaniu i rozwijaniu nowych kierunków badań w Zespole.

Przedmiotem prac naukowych prof. J. Jakubowskiej były przede wszystkim: badania fizjologii i metabolizmu drobnoustrojów przemysłowych, modelowanie ich wzrostu, produkcyjności, a także przygotowywanie podstaw teoretycznych wielu bioprocesów przemysłowych. Rozległa działalność naukowa dotyczyła wszystkich działów przemysłu rolno-spożywczego oraz przemysłu fermentacyjnego. Najwcześniejsze badania, jeszcze przed 1939 r., dotyczyły przemysłu mleczarskiego. Sukces wykrycia i opisania w 1936 r., wspólnie z prof. E. Pijanowskim i doc. T. Matuszewskim, nowego szczepu *Streptococcus diacetilactis* jest dotąd odnotowywany w piśmiennictwie światowym. Wiele wysiłku włożyła prof. J. Jakubowska w uruchomienie krajowej produkcji szczepionek czystych kultur mleczarskich. Wyniki tych prac pozwoliły na uruchomienie produkcji krajowej i zmniejszenie importu szczepionek. Współpraca w tym obszarze była następnie przez wiele lat udziałem Jej Zespołu ściśle współpracującego zarówno z Instytutem Mleczarskim w Warszawie jak i z jego Oddziałem w Olsztynie oraz Wytwórnią Czystych Kultur „Biolacta" w Olsztynie.

Prof. J. Jakubowska zajmowała się także fizjologią i metabolizmem bakterii mlekowych, zwłaszcza zastosowaniem hodowli ciągłej do otrzymywania biomasy aktywnych komórek. Wiele lat pracowała wraz z Zespołem nad otrzymywaniem i wdrażaniem zamrożonych koncentratów paciorkowców mlekowych, jako nowej formy zakwasów mleczarskich. Wyniki tych badań zostały wprowadzone do praktyki mleczarskiej. Szczepionki w postaci zagęszczonych, zamrożonych biopreparatów produkowane były przez Zakład Doświadczalny Przemysłu Mleczarskiego w Garwolinie.

Jako wieloletni członek Rady Naukowej Instytutu Mleczarstwa i Krajowej Komisji Mleczarskiej prof. J. Jakubowska propagowała postęp w produkcji mleczarskiej, poprawę jakości i wprowadzanie nowych metod analityczno-kontrolnych. Przyczyniała się do podnoszenia kwalifikacji pracowników naukowych przemysłu mleczarskiego i do kształtowania polskiej szkoły naukowej mikrobiologii mleczarstwa.

W przemyśle fermentacyjnym prof. J. Jakubowska prowadziła wiele badań nad mikroflorą produkcyjną różnych kierunków tego przemysłu. Wyniki badań przyczyniały się do opracowań wielu instrukcji mikrobiologicznych dot. kontroli cyklów produkcyjnych, szczególnie w winiarstwie i w piwowarstwie, gdzie wydatnie przyczyniły się do poprawy jakości produktów.

Zabezpieczenie kolekcji drożdży przemysłowych przez okres okupacji i przekazanie ich następnie wielu placówkom przemysłowym zapoczątkowało istniejącą dotąd w Łodzi Kolekcję Szczepów Przemysłowych. Materiałem podstawowym tej Kolekcji są szczepy drożdży i bakterii z częściowo ocalonej przedwojennej kolekcji Instytutu Przemysłu Fermentacyjnego. W 1973 r. prof. J. Jakubowska przejęła także kolekcję grzybów z IHAR w Bydgoszczy, udostępniając ją przemysłowi. Łódzka Kolekcja Szczepów Drobnoustrojów jest członkiem Światowej Federacji Kolekcji Kultur (WFCC) i jest zarejestrowana pod numerem ŁOCK 105. Znajdują się w niej także oryginalne odmiany drożdży, które prof. J. Jakubowska wyodrębniła dla potrzeb przemysłu: rasa 'Gdańsk' (przydatna dla gorzelnictwa melasowego), rasa 'Syrena' – odmiana winiarska oporna na SO_2, rasa Ja-64 — stosowana w produkcji drożdży piekarskich.

Historyczne znaczenie mają prace nad bakteriami octowymi: opracowanie efektywnych metod izolacji bakterii szybko octujących, skutecznych metod przechowywania i wielu metod oceny aktywności enzymatycznych zarówno dla potrzeb przemysłu, jak i potrzeb badawczych.

Cenne były opracowania prof. J. Jakubowskiej nad nowymi metodami analityki mikrobiologicznej w środowiskach spożywczych, ulepszaniem szczepów, oceną stabilności biologicznej różnych produktów, badaniem mechanizmów i efektów działania hormonów roślinnych na rozwój drożdży piekarskich. Pani Profesor współpracowała także z jednostkami przemysłu farmaceutycznego. Dotyczyło to zagadnień biosyntezy nizyny i czystości mikrobiologicznej dekstranu suchego.

Na uwagę zasługuje również 10-letni cykl badań nad biosyntezą kwasu itawinowego, wykonywany dla Departamentu Rolnictwa USA na zlecenie PAN. Otrzymane mutanty *Aspergillus terreus* zostały zdeponowane w Amerykańskiej Kolekcji Szczepów w Peorii (Illinois), a wyniki badań stały się podstawą do opracowania odpowiedniej biotechnologii. Działalność ta wyróżniona była wieloma nagrodami, w tym także Wydziału V PAN. Wyniki były prezentowane na sympozjach międzynarodowych i zostały opublikowane w czasopismach i w podręczniku za granicą.

Wymienione kierunki badań naukowych stanowią jedynie fragment pracy naukowej prof. J. Jakubowskiej. Jej dorobek badawczy jest bowiem trudny do omówienia szczegółowego ze względu na ogromną różnorodność i bogactwo myśli twórczej.

Stał się on natomiast podstawą Szkoły Naukowej Mikrobiologii Technicznej, unikalnej w kraju, o ukształtowanym oryginalnym profilu badawczym, ściśle wiążącej się z problematyką przemysłu fermentacyjnego i spożywczego, a także z wieloma procesami biotechnologicznymi.

Z pracą naukową łączyła się ściśle bardzo aktywna działalność dydaktyczna prof. J. Jakubowskiej i utworzenie wielu oryginalnych programów dydaktycznych zarówno dla macierzystego Wydziału Chemii Spożywczej, jak i dla mikrobiologii roszarnictwa

na Wydziale Włókienniczym, mikrobiologii chłodnictwa (Wydział Mechaniczny), mikrobiologii żywności (Wydział Towaroznawstwa WSE w Łodzi) oraz mikrobiologii przemysłowej (Wydział Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Łódzkiego).

Prof. J. Jakubowska miała także poważny udział w kształceniu kadr naukowych: była promotorem 20 prac doktorskich, w Jej zespole 6 osób uzyskało stopień doktora habilitowanego, a 3 osoby – tytuły naukowe profesora, opracowała ponad 90 recenzji i opinii dotyczących prac doktorskich, stopni doktora habilitowanego i tytułów naukowych profesora, recenzowała konspekty i podręczniki akademickie, prace do druku w czasopismach naukowych. W latach 1957 - 1973 pełniła funkcję Redaktora Zeszytów Naukowych Chemia Spożywcza w Politechnice Łódzkiej, a w latach 1972 - 1985 była członkiem Rad Redakcyjnych Acta Microbiologica Polonica oraz Postępów Mikrobiologii.

Działała aktywnie w Polskim Towarzystwie Mikrobiologów, w którym przez 19 lat była przewodniczącą Oddziału Łódzkiego, a także członkiem Zarządu Głównego. Nadano Jej godność członka honorowego. Była także członkiem Polskiego Towarzystwa Biochemicznego oraz przewodniczącą Oddziału i członkiem Prezydium Zarządu Głównego Towarzystwa Przyrodniczego im. M. Kopernika. Jako członek Łódzkiego Towarzystwa Naukowego przez wiele lat przewodniczyła Komisji Biotechnologii Wydziału V ŁTN. Bardzo aktywnie współpracowała z SITSpoż. NOT. W latach 1954 - 1980 była członkiem Komitetu Mikrobiologii PAN i przewodniczącą Komisji Mikrobiologii Przemysłowej. Od 1987 r. została Jego członkiem honorowym.

W latach 1957 - 1972 była również członkiem Komitetu Technologii i Chemii Żywności PAN. W 1975 r. uzyskała godność członka honorowego. Uczestniczyła w pracach rad naukowych: Instytutu Przemysłu Fermentacyjnego, Instytutu Przemysłu Mleczarskiego, Krajowej Komisji Mleczarskiej, Instytutu Antybiotyków, Centrum Mikrobiologii i Wirusologii PAN. Reprezentowała Polskę w Międzynarodowej Komisji Drożdżowej (IYC), której była współzałożycielką. Była także członkiem Społecznego Komitetu Budowy Filharmonii w Łodzi, będąc stałym słuchaczem wielu koncertów.

Prof. J. Jakubowska odnosiła sukcesy w działalności dydaktycznej, organizacyjnej oraz społecznej, zdobywając uznanie ze strony władz uczelni i wielu organizacji, w których działała. Przyznano Jej 24 odznaczenia i ordery oraz wiele nagród. Najważniejsze z nich to: Krzyż Walecznych za okres walki z okupantem, Krzyż Komandorski OOP, Krzyż Kawalerski OOP, Odznaka „Zasłużony Nauczyciel PRL", Honorowa Odznaka m. Łodzi, Złota Odznaka NOT, Honorowa Odznaka SITSpoż., Złota Odznaka Zasłużonego Pracownika Przemysłu Spożywczego. Czterokrotnie była nagrodzona przez MNSzkWiT za osiągnięcia naukowe i dydaktyczno-wychowawcze, organizację procesu dydaktycznego i kształcenie kadry naukowej. Dwukrotnie nagrodzona była za osiągnięcia naukowo-organizacyjne przez Wydział II PAN.

W 1990 r. otrzymała nagrodę naukową Łódzkiego Towarzystwa Naukowego. W 1995 r. Wydział V PAN nadał Jej Medal im. M. Oczapowskiego za wybitny wkład badawczy w rozwój nauk rolniczych. Otrzymała ponadto wiele nagród Rektora Politechniki Łódzkiej. W 1990 r. Politechnika Łódzka nadała Jej tytuł *doktora honoris causa*.

Helena Oberman

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 5 (90), 225 – 227

PROF. DR HAB. DR H.C. JAN GAWĘCKI HONOROWYM DOKTOREM SZKOŁY GŁÓWNEJ GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WARSZAWIE

W dniu 17 maja 2013 r. w czasie Dni SGGW odbyło się uroczyste posiedzenie Senatu, w czasie którego nadano najwyższą godność akademicką – tytuł *doktora honoris causa* – profesorowi Janowi Gawęckiemu, na podstawie wniosku złożonego przez dziekana Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie.

Wniosek ten przygotowano w głębokim przekonaniu o tym, że Profesor Jan Gawęcki jest wybitnym specjalistą z zakresu żywienia człowieka, twórcą polskiej szkoły nutrisensoryki, wybitnym uczonym i pedagogiem, członkiem Komitetu Nauk o Żywieniu Człowieka PAN; animatorem wielu działań na rzecz integracji środowiska akademickiego w obszarze nauk o żywności i żywieniu oraz propagatorem nauki o żywieniu człowieka i jej interdyscyplinarnego charakteru.

Profesor Jan Gawęcki ukończył studia na Wydziale Technologii Rolno-Spożywczej Wyższej Szkoły Rolniczej (obecna nazwa – Uniwersytet Przyrodniczy) w Poznaniu w 1967 r., a siedem lat później na tym samym Wydziale obronił pracę doktorską wyróżnioną nagrodą Ministra II stopnia. W 1982 r. uzyskał stopień doktora habilitowanego, a w 1991 r. tytuł profesora nauk rolniczych. Do chwili obecnej pracuje w Katedrze Higieny Żywienia Człowieka UP, którą współtworzył i konsekwentnie rozwija zarówno w obszarze naukowo-dydaktycznym, jak i upowszechnieniowym.

Zainteresowania naukowe Profesora związane są z fizjologią i higieną żywienia człowieka, a w szczególności: określaniem wartości odżywczej i prozdrowotnej żywności, interakcjami składników żywności w aspekcie chorób dietozależnych, wpływem ksenobiotyków na biodostępność składników odżywczych, fizjologicznymi mechanizmami wyboru pokarmu oraz genetycznymi uwarunkowaniami reakcji organizmu na składniki pokarmowe. Jest twórcą polskiej szkoły nutrisensoryki i nutrigenomiki.

Dorobek naukowy Profesora Jana Gawęckiego obejmuje ponad 400 pozycji, w tym 159 oryginalnych prac twórczych opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych zarówno krajowych, jak i zagranicznych.

Na podkreślenie zasługują osiągnięcia Profesora jako autora, współautora i redaktora 32 podręczników, skryptów i monografii. Wielokrotnie wznawiane podręczniki *Żywienie człowieka, Podstawy nauki o żywieniu, Żywienie człowieka zdrowego i chorego, Żywienie człowieka a zdrowie publiczne* czy *Podstawy metodologii badań w nauce o żywieniu i żywności* weszły na stałe do kanonu lektur studentów uczelni przyrodniczych i medycznych. W przygotowaniu merytorycznym tych podręczników uczestniczyli przedstawiciele krajowych środowisk akademickich, a wśród nich wielu pracowników Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji.

Prof. dr hab. Jan Gawęcki to także osoba wielce zaangażowana w działania wielu organizacji i instytucji opiniujących założenia polityki państwa w dziedzinie nauki i dystrybucji środków budżetowych przeznaczonych na badania naukowe, jak również gremiów decydujących o ścieżkach awansów naukowych. Był członkiem Rady Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów Naukowych, przewodniczył Zespołowi Nauk Rolniczych i Leśnych KBN, aktywnie działał w ministerialnych zespołach ds. Działalności Wspomagającej Badania i ds. Badań Własnych Szkół Wyższych, jak również był ekspertem Komitetu Sterującego FORESIGHT.

W 2007 roku prof. dr hab. Jan Gawęcki został powołany do rady Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz do Zespołu Interdyscyplinarnego ds. Strategicznych Programów Badań i Prac Rozwojowych, w którym m.in. opracował założenia programu „Innowacyjne produkty żywnościowe o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej".

Był i jest członkiem i przewodniczącym wielu rad naukowych, kolegiów redakcyjnych czasopism naukowych oraz komitetów i komisji PAN, animując nowatorskie kierunki badań naukowych, jak i promując dobre praktyki w zakresie publikacji naukowych.

Prof. dr hab. Jan Gawęcki to wspaniały nauczyciel i promotor prac dyplomowych wielu pokoleń studentów i absolwentów kierunków z obszaru nauk o żywieniu człowieka i żywności. Wypromował wielu doktorów, jak również był recenzentem kilkudziesięciu prac doktorskich, habilitacyjnych i postępowań na tytuł profesora, tym sa-

mym przyczyniając się do efektywnego rozwoju kadr naukowych w zakresie nauk o żywności i żywieniu człowieka.

Na podkreślenie zasługuje zaangażowanie Pana Profesora w upowszechnianie wiedzy o żywności i żywieniu człowieka oraz edukację żywieniową. Jest pomysłodawcą i kierownikiem naukowym „Krajowych Warsztatów Żywieniowych," odbywających się cyklicznie od 1994 r. oraz inicjatorem i przewodniczącym Komitetu Głównego Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy o Żywieniu. W dotychczasowych edycjach tej olimpiady uczestniczyło ponad 80 tys. uczniów szkół średnich z całej Polski, wzbogacając swoją wiedzę z zakresu racjonalnego żywienia i zdrowego trybu życia. Spośród uczestników tych olimpiad rekrutuje się wielu przyszłych studentów Wydziałów kształcących w zakresie nauk o żywieniu człowieka i żywności.

Za niekwestionowane zasługi naukowe, organizacyjne i dydaktyczne prof. dr hab. Jan Gawęcki odznaczony został m.in.: Krzyżem Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski, Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Złotym Krzyżem Zasługi, Medalem Komisji Edukacji Narodowej, odznaką „Zasłużony dla Rolnictwa", medalem „Zasłużony dla Wydziału Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu" a także tytułem *doktora honoris causa* tego uniwersytetu.

Profesor Jan Gawęcki to osobowość wybitna, połączenie niezwykłego uroku osobistego z ogromną wiedzą, głębokim humanizmem i twórczą pasją. Społeczność akademicka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego i Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji jest dumna z faktu obecności w swoim gronie osoby tak wielkiego formatu.

Prof. dr hab. Krystyna Gutkowska
Dziekan Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

TECHNOLOG ŻYWNOŚCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Rok 23 Nr 5 październik 2013

DZIAŁALNOŚĆ TOWARZYSTWA

Zarząd Główny

- Polskie Towarzystwo Technologów Żywności było partnerem naukowym VIII Międzynarodowego Forum Suplementów Diety "Innowacje w żywności 2013", które odbyło się w dniach 28 - 29.11.2013 r. w Warszawie. Organizatorem forum było Europejskie Stowarzyszenie Promocji Zdrowia "Pro-Salutem". Władze PTTŻ reprezentowała v-prezes prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska
- PTTŻ zostało zgłoszone do programu: "Wiem, co wybieram"/prozdrowotna koalicja "Świadomy Wybór - Perspektywa 2020".
- PTTŻ zostało zgłoszone do inicjatywy: Global Food Safety Curricule Initative.

WAŻNIEJSZE MIĘDZYNARODOWE I KRAJOWE KONFERENCJE NAUKOWE W 2013 r.

Październik

15 - 17 **ZAKOPANE = IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt.: „Rozwój aparatury i prac naukowo-badawczych w przetwórstwie rolno-spożywczym, gospodarce rolnej i leśnej w zakresie automatyzacji procesów oraz w analityce”**
Kontakt: www.cobrabid.pl

16 - 19 BUENOS AIRES, Argentina = VI International Conference on Polyphenols and Health
Kontakt: http://www.oxyclubcalifornia.org/ICPH6/index.php

Listopad

3 - 7 GUANGZHOU, China = 8th CIGR International Technical Symposium, Advanced Food Processing and Quality Management, 1st International Congress on Contemporary Food Science and Engineering
Kontakt: http://www2.scut.edu.cn/CIGR2013/

12 - 15 BOLOGNA, Italy = 2013 EFFoST Annual Meeting: Bio-based Technologies in the Context of European Food Innovation Systems
Kontakt: http://www.effostconference.com/

5 - 8 PRAGUE, Czech Republic = 6th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis
Kontakt: http://www.rafa2013.eu/

8 - 11 KRAKÓW = 5th Central European Congress of Life Sciences EUROBIOTECH 2013
Kontakt: http://eurobiotech.krakow.pl/gb/d-20/welcome.html

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

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.**

Materiał zawarty w Nr 5 (90)/2013 Biuletynu podano według stanu informacji do 15 października 2013 r. Materiały do Nr 6 (91)/2013 prosimy nadsyłać do 1 grudnia 2013 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
Dr hab. Maria Śmiechowska, prof. nadz. Oddział Gdański	AM, ul. Morska 81-87, 81-225 GDYNIA Tel.: 58 690 15 62; e-mail: smiemari@am.gdynia.pl
Dr 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	PŁ, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ e-mail: joanna.leszczynska@p.lodz.pl
Dr hab. inż. Lesław Juszczak 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-miał: 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	WSIiZ, 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. Wacław 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