



ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 6 (97)

Kraków 2014

Rok 21

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

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

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

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

Native speaker: Stanley Holt (Bolton, UK)

Redaktor statystyczny: dr Antoni Goryl

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

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

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

WYDAWCA: POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTCI, WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994 - 1999 wydawcą kwartalnika był Oddział Małopolski PTTŻ

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

Wydawanie publikacji dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

ISSN 1425-6959

Czasopismo w postaci wydrukowanej jest wersją główną (pierwotną)

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

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

Nakład: 550 egz.

SKŁAD I DRUK:



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

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – dwumiesięcznik

Nr 6 (97)

Kraków 2014

Rok 21

SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ: Uwarunkowania akceptacji konsumenckiej innowacyjnych produktów żywnościowych.....	5
SYLWIA ONACIK-GÜR, ANNA ŻBIKOWSKA, KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK: Pochodzenie, metody otrzymywania i trwałość oksydacyjna tłuszczów wysokooleinowych.....	18
ANNA MICHAŁSKA, GRZEGORZ ŁYSIAK: Przydatność do suszenia owoców śliwek uprawianych w Polsce w aspekcie przemian związków bioaktywnych i tworzących się produktów reakcji Maillarda.....	29
DOROTA NAŁĘCZ, JUSTYNA PAGUR, IWONA SZERSZUNOWICZ: Analiza <i>in silico</i> alergennych białek orzecha ziemnego (<i>Arachis hypogaea</i> L.), głównie Ara h 9, w prognozowaniu epitopów surowców roślinnych reagujących krzyżowo.....	39
PIOTR ZARZYCKI, MAŁGORZATA KASPRZAK, ZBIGNIEW RZEDZICKI, ALDONA SOBOTA, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA: Właściwości reologiczne kleików z mąki pszennej jako wskaźnik oceny jej wartości wypiekowej.....	50
EWELINA BRZOZOWSKA, ILONA GAŁĄŻKA-CZARNECKA, LUCJAN KRALA: Wpływ rozproszonego promieniowania słonecznego na wybrane właściwości kielków koniczyny czerwonej (<i>Trifolium pratense</i> L.).....	67
TOMASZ KLEIBER, TOMASZ SZABLEWSKI, KINGA STUPER-SZABLEWSKA, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA: Określenie zależności pomiędzy zawartością manganu w pożywce a stężeniem pierwiastków śladowych w owocach pomidora (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	81
ANNA CZAJKOWSKA, MAGDALENA GAJEWSKA, BEATA BARTODZIEJSKA: Adaptacja metody IC-DAD z własną modyfikacją przygotowania próbek do oznaczania zawartości azotanów(III) i azotanów(V) w produktach spożywczych.....	92
DARIUSZ LISIAK, EUGENIA GRZEŚKOWIAK, PIOTR JANISZEWSKI, KAROL BORZUTA, BENEDYKT PEPLIŃSKI, KAROL WAJSZCZUK: Wpływ intensywności żywienia tuczników na jakość mięsa.....	102
KAROL BORZUTA, BRONISŁAW BORYS, DARIUSZ LISIAK, EUGENIA GRZEŚKOWIAK, PIOTR JANISZEWSKI, KRZYSZTOF POWAŁOWSKI, BEATA LISIAK: Jakość mięsa, profil kwasów tłuszczowych i wartość rzeźna jagniąt żywionych intensywnie z udziałem ubocznych produktów biopaliw.....	113
JAROSŁAW PAROL, RENATA PIETRZAK-FIEĆKO, STEFAN S. SMOCZYŃSKI: Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w wędzonym pstrągu tęczowym (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	125
TADEUSZ TRZISZKA, EWA ŁUKASZEWICZ, ŁUKASZ BOBAK, ARTUR KOWALCZYK, MAREK ADAMSKI, ZBIGNIEW DOBRZAŃSKI: Wpływ wzbogacenia paszy algami morskimi i siemieniem lnianym na skład morfologiczny i cechy fizykochemiczne jaj przepiórek japońskich.....	138
KRYSTYNA SZYMANDERA-BUSZKA, KATARZYNA WASZKOWIAK: Wpływ wybranych produktów tłuszczowych na stabilność chlorowodoru tiaminy.....	150
KAROLINA KRAJEK, PAWEŁ GLIBOWSKI: Właściwości teksturalne i reologiczne mieszaniny inuliny i tłuszczu mlecznego stabilizowanej lecytyną.....	159
ELŻBIETA KLEWICKA, KATARZYNA ŚLIŻEWSKA, ADRIANA NOWAK: Ocena przeżywalności bakterii <i>Lactobacillus</i> zawartych w preparacie probiotycznym podczas pasażu w symulowanym przewodzie pokarmowym.....	170
DARIUSZ KIKUT-LIGAJ: Prognozowanie smaku gorzkiego wybranych alkaloidów chinolizydynowych.....	182
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interakcje składników żywności.....	192
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	201
MAGDALENA NIEWCZAS: Nowe książki.....	206
KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK, PATRYCJA KOMOLKA: XIX Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności – III Sesja Międzynarodowa.....	209
TERESA FORTUNA: Jubileusz 40-Lecia Oddziału i Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.....	212
Z ŻAŁOBNEJ KARTY: Prof. dr hab. Tadeusz Grega 1950–2014.....	216
Technolog Żywności.....	219
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 92–97.....	221
Wykaz nazwisk Autorów w 2014 roku.....	228
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2014 roku.....	232

Zamieszczone artykuły są recenzowane

Czasopismo jest referowane przez: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef

FOOD. Science. Technology. Quality

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

No 6 (97)

Kraków 2014

Vol. 21

CONTENTS

From the Editor.....	3
MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ: Determinants of consumer acceptance of innovative food products.....	5
SYLWIA ONACIK-GÜR, ANNA ŻBIKOWSKA, KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK: Source, methods of obtaining and oxidative stability of high-oleic fats	18
ANNA MICHALSKA, GRZEGORZ ŁYSIAK: Applicability of Polish plums to drying process in terms of changes in bioactive compounds and of maillard reaction products being formed	29
DOROTA NAŁĘCZ, JUSTYNA PAGUR, IWONA SZERSZUNOWICZ: <i>In silico</i> analysis of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) allergenic proteins, mainly of Ara h 9, to predict epitopes in cross-reacting plants.....	39
PIOTR ZARZYCKI, MAŁGORZATA KASPRZAK, ZBIGNIEW RZEDZICKI, ALDONA SOBOTA, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA: Rheological properties of wheat flour slurry as indicators of baking quality of wheat flour	50
EWELINA BRZOZOWSKA, ILONA GAŁĄZKA-CZARNECKA, LUCJAN KRALA: Effect of diffuse solar radiation on selected properties of red cover sprouts (<i>Trifolium pratense</i> L.).....	67
TOMASZ KLEIBER, TOMASZ SZABLEWSKI, KINGA STUPER-SZABLEWSKA, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA: Determination of correlations between content of manganese in nutrient solution and concentration of trace elements in tomato fruits (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	81
ANNA CZAJKOWSKA, MAGDALENA GAJEWSKA, BEATA BARTODZIEJSKA: Adapting IC-DAD method with sample preparation as modified by authors to determine content of nitrates (III) and nitrates (V) in food products	92
DARIUSZ LISIAK, EUGENIA GRZEŚKOWIAK, PIOTR JANISZEWSKI, KAROL BORZUTA, BENEDYKT PEPLIŃSKI, KAROL WAJSZCZUK: Effect of feeding intensity of fatteners on quality of meat.....	102
KAROL BORZUTA, BRONISŁAW BORYS, DARIUSZ LISIAK, EUGENIA GRZEŚKOWIAK, PIOTR JANISZEWSKI, KRZYSZTOF POWAŁOWSKI, BEATA LISIAK: Quality of meat, fatty acid profile, and slaughter value of lambs intensively fed feed supplemented with biofuel co-products	113
JAROSŁAW PAROL, RENATA PIETRZAK-FIEĆKO, STEFAN S. Smoczyński: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) in smoked rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	125
TADEUSZ TRZISZKA, EWA ŁUKASZEWICZ, ŁUKASZ BOBAK, ARTUR KOWALCZYK, MAREK ADAMSKI, ZBIGNIEW DOBRZAŃSKI: Effect of enriching feeds with algae marine and linseed on morphological composition and physical and chemical characteristics of Japanese quail eggs.....	138
KRYSTYNA SZYMANDERA-BUSZKA, KATARZYNA WASZKOWIAK: Effect of selected fat products on stability of thiamine hydrochloride.....	150
KAROLINA KRAJEK, PAWEŁ GLIBOWSKI: Textural and rheological properties of mixtures of inulin and milk fat stabilized by lecithin	159
ELŻBIETA KLEWICKA, KATARZYNA ŚLIŻEWSKA, ADRIANA NOWAK: Assessing survival of <i>Lactobacillus</i> bacteria contained in probiotic preparation during passage in a simulated gastrointestinal tract.....	170
DARIUSZ KIKUT-LIGAJ: Predicting bitter taste of selected quinolizidine alkaloids	182
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interactions among food components.....	192
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation	201
MAGDALENA NIEWCZAS: Book reviews	206
KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK, PATRYCJA KOMOLKA: 19 th Conference of Young Researchers Section of Polish Society of Food Technologist – 3 rd International Session.....	209
TERESA FORTUNA: The 40th Anniversary of the Department and Faculty of Food Technology, University of Agriculture in Kraków.....	212
Contemporary Terms: Prof. Tadeusz Grega 1950 - 2014.....	216
The Food Technologist.....	219
Annual contents.....	221
Index of Authors	228
Index of Reviewers	232

Only reviewed papers are published

Covered by: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

przekazujemy Państwu numer **6 (97)** dwumiesięcznika **Żywność**, który zawiera różnorodne tematycznie artykuły naukowe, prezentujące dorobek kilku krajowych środowisk nauki o żywności. Jak zwykle w numerze zamieściliśmy stałe działy z interesującymi informacjami.

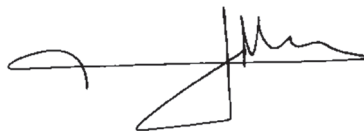
Właśnie w grudniu mija 20 lat, od kiedy ukazał się pierwszy numer naszego czasopisma. W tym czasie przeszliśmy długą drogę, żeby stać się czasopismem o zasięgu międzynarodowym.

Wydawanie czasopisma **ŻYWNOSĆ** było możliwe tylko dzięki zaangażowaniu i życzliwości bardzo wielu osób. Na aktualny poziom czasopisma złożyła się praca: Redakcji, Rady Naukowej, Rady Konsultacyjnej, Stałych Współpracowników, a przede wszystkim Autorów i Recenzentów. Podziękowania kierujemy do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, które wspiera finansowo wydawanie czasopisma. Słowa wdzięczności kieruję do wszystkich, którzy w okresie minionych 20 lat okazali nam wsparcie i życzliwość.

Z przykrością informujemy, że Thomson Reuters zawiesił indeksowanie artykułów publikowanych w **ŻYWNOSCI** od nr 1/2014. Przyczyną tego było przekroczenie podczas ostatniej oceny wskaźnika autocytowań o niespełna 5 %.

Kraków, grudzień 2014 r.

Redaktor Naczelny



Tadeusz Sikora

SŁOWO PRZEWODNICZĄCEGO RADY NAUKOWEJ

Szanowni Państwo,

ŻYWNOŚĆ, nasze polskie czasopismo z obszaru nauk o żywności, w grudniu 2014 r. zamyka swój 20-letni okres wydawania. W tym czasie czasopismo przeszło długą drogę od organu Oddziału Małopolskiego PTTŻ do organu naukowego PTTŻ o zasięgu międzynarodowym. Czasopismo, dzisiaj jako dwumiesięcznik, ma znaczącą pozycję i oddziałuje na rynku międzynarodowym. W latach 2008 – 2013 było indeksowane przez Thomson Reuters, a IF opublikowany w 2014 r. ma wartość 0,311; IF₅ = 0,295.

Podkreślam troskę Redakcji o ciągłe doskonalenie poziomu merytorycznego czasopisma. A o jego pozycji wśród autorów świadczy także kolejka jaka jest od zgłoszenia pracy do jej publikacji. Ważne jest również to, że na swoich łamach **ŻYWNOŚĆ** publikuje prace młodych pracowników nauki (doktorantów), dla których jest to często inauguracyjna publikacja naukowa i od razu w czasopiśmie o wysokich wymaganiach merytorycznych.

Kończąc tych kilka uwag, chcę również podkreślić zaangażowanie i 20-letnią pracę społeczną prof. Tadeusza Sikory, założyciela i redaktora naczelnego **ŻYWNOŚCI**.

Z przekonaniem stwierdzam, że w minionym 20-leciu **ŻYWNOŚĆ** odcisnęła swoje pozytywne piętno w rozwoju nauk o żywności i żywieniu.

Pragnę serdecznie podziękować wszystkim, którzy w minionym 20-leciu wspierali działania Redakcji. Pozostaję z najlepszymi życzeniami dla wszystkich, którzy mieli swój wkład w to dzieło!

Prof. dr Antoni Rutkowski
Przewodniczący Rady Naukowej

Warszawa, grudzień 2014 r.

MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ

UWARUNKOWANIA AKCEPTACJI KONSUMENCKIEJ INNOWACYJNYCH PRODUKTÓW ŻYWNOŚCIOWYCH

Streszczenie

W artykule omówiono wpływ różnych czynników na akceptację innowacyjnego produktu żywnościowego. Wykazano, że o akceptacji innowacji decyduje wiele czynników, które można pogrupować w trzy kategorie: cechy systemu społecznego, cechy samej innowacji i cechy konsumenta – odbiorcy tej innowacji. System społeczny jest reprezentowany przez środowisko społeczne, gospodarcze i polityczne, w badaniach najczęściej podejmowany jest problem zaufania społecznego i jego wpływu na wybór żywności i korzystanie z przekazów informacyjnych. Wśród cech żywności uwzględnianych w badaniach nad akceptacją konsumencką innowacyjnego produktu żywnościowego uwzględniana jest między innymi cena, wygoda stosowania, smak, wygląd ogólny, ale także inne specyficzne cechy w zależności od rodzaju żywności. W charakterystyce konsumentów uwzględniane są ich cechy psychologiczne, socjodemograficzne i psychospołeczne.

Słowa kluczowe: żywność innowacyjna, cechy konsumenta, system społeczny, konsumencka akceptacja innowacji

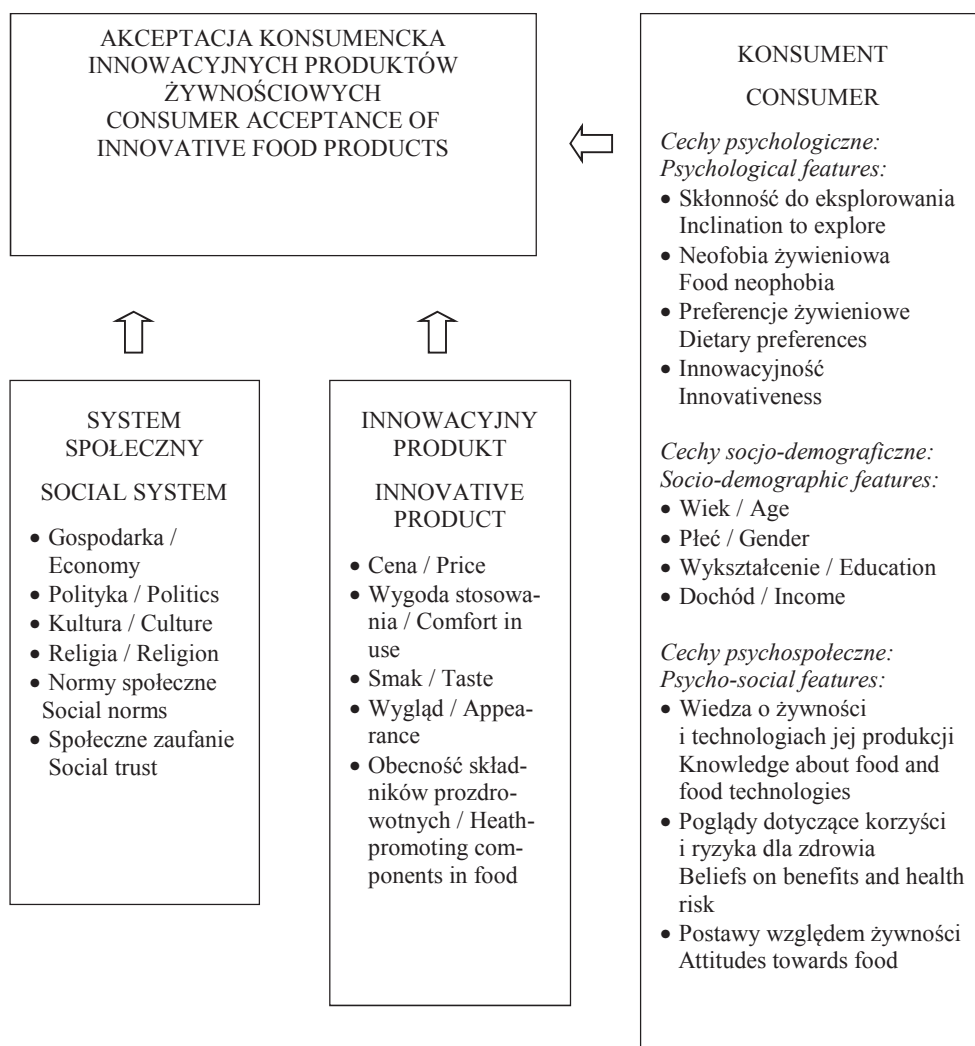
Wprowadzenie

Akceptacja konsumencka innowacji jest badana z wykorzystaniem różnych koncepcji teoretycznych. Na poziomie makroekonomicznym uwzględnia się postrzegane koszty/korzyści, także proces dyfuzji innowacji. Z perspektywy psychologicznej ważne jest uwzględnienie postaw konsumentów wobec nowych produktów, percepcji korzyści, ryzyka i niepewności, co znajduje odzwierciedlenie w wielu modelach teoretycznych z zakresu psychologii społecznej [33]. Wśród postrzeganych korzyści dotyczących innowacji można wymienić: zdrowotne, dla społeczeństwa, środowiskowe. Postrzeganie korzyści i ryzyka jest mierzone na poziomie ogólnym, czyli konsument

Dr hab. M. Jeżewska-Zychowicz, prof. SGGW, Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: marzena_jezewska_zychowicz@sggw.pl

ocenia korzyści opisując je jako duże, małe itp. lub z odniesieniem do różnych aspektów, np. do zastosowania, do sensorycznych aspektów, wpływu na zdrowie, środowisko lub dotyczących produkcji [44].

Celem pracy była charakterystyka czynników decydujących o akceptacji innowacyjnych produktów, które pogrupowano w kategoriach: cechy systemu społecznego, cechy samej innowacji oraz cechy konsumenta – odbiorcy tej innowacji (rys. 1).



Rys. 1. Czynniki warunkujące akceptację konsumentką innowacyjnych produktów żywnościowych.

Fig. 1. Factors to determine consumer acceptance of innovative food products.

Źródło: opracowanie własne / Source: the author's own study.

Cechy systemu społecznego a akceptacja nowości

Charakterystyka systemu społecznego, determinującego akceptację innowacji, nie jest szeroko opisana w literaturze przedmiotu [36]. Akceptacja innowacji zależy od charakteru gospodarki, środowiska politycznego i społecznego, w którym ma miejsce wybór żywności. W każdej kulturze istotną rolę odgrywa religia, która również oddziałuje na zachowania konsumenckie. W przypadku produktów kontrowersyjnych religia jest istotnym wskaźnikiem sprzeciwu wobec nich, np. muzułmanie traktują reklamy produktów odnoszących się do życia towarzyskiego oraz zdrowia mniej przychylnie niż wyznawcy innych religii lub osoby niezwiązane z religią [36].

Dla akceptacji innowacyjnych technologii i produktów istotne jest, jak bardzo różnią się od aktualnie stosowanych, a także kto i w jaki sposób informuje o nich konsumentów [40]. Społeczne zaufanie, czyli gotowość do polegania na osobach odpowiedzialnych za podejmowanie decyzji dotyczących zarządzania technologiami, okazuje się głównym predykatorem postrzegania korzyści i ryzyka w odniesieniu do wielu technologii. Z kolei społeczne zaufanie determinowane jest uznawanymi wartościami, które są ważnym elementem systemu społecznego [40]. Zaufanie do instytucji lub osoby będącej ekspertem z danej dziedziny staje się czynnikiem wpływającym na percepcję technologii, zwłaszcza w sytuacji kiedy konsumenci nie są w stanie ocenić ryzyka związanego z jej zastosowaniem [38, 41]. Zaufanie wpływa na postrzegane ryzyko i korzyści, a pośrednio także na akceptację i chęć dokonania zakupu. Jest także istotne w przypadku akceptacji żywności funkcjonalnej, ponieważ konsumenci wykazujący zaufanie do oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych zamieszczanych przez producentów na etykietach produktów są bardziej skłonni do ich zakupu [22, 48]. Zaufanie do systemu bezpieczeństwa żywnościowego wśród konsumentów zmniejszyło się zwłaszcza po zdarzeniach związanych z BSE czy z dioksynami oraz informacjami zapewniającymi o bezpieczeństwie żywnościowym mimo występujących zagrożeń. Wprowadzenie niektórych technologii, np. modyfikacji genetycznych, niezależnie od ich potencjalnych korzyści, wiąże się z problemem ich upowszechnienia w społeczeństwie [35, 36]. Do skutecznego komunikowania kontekst społeczny jest bardzo ważny ze względu na zróżnicowane zaufanie do poszczególnych źródeł informacji [35]. Informacja dotycząca korzyści zdrowotnych [22, 31, 32], ale także samej technologii wykorzystanej w jej produkcji [5, 6] zwiększa prawdopodobieństwo akceptacji innowacyjnej żywności. Informowanie o innowacjach zwiększa kompetencje, co istotnie sprzyja ograniczaniu niepewności [30].

Cechy innowacji

O akceptacji nowego produktu żywnościowego decydują jego cechy, a sama technologia może być postrzegana z perspektywy cech produktu. Takie cechy, jak:

cena, wygoda stosowania, smak, wygląd ogólny są uwzględniane w badaniach nad akceptacją konsumencką produktu żywnościowego [20, 44, 49].

Akceptacja produktu funkcjonalnego zależy od samego produktu – nośnika składników funkcjonalnych [18, 46]. Niektórzy badacze sugerują, że konsumenci postrzegają wzbogacanie niekorzystnej pod względem żywieniowym żywności w składniki funkcjonalne jako bardziej uzasadnione niż żywności postrzeganej jako korzystna dla zdrowia [4], inni zaś przedstawiają odmienne stanowisko, czyli wiarygodnymi nośnikami wartości funkcjonalnych mogą być – w ich opinii – tylko produkty korzystne dla zdrowia [46]. Jak podają Ares i Gámbaro [1], produkt będący nośnikiem składników prozdrowotnych ma duże znaczenie w postrzeganiu zdrowotności produktu funkcjonalnego, a zatem dobór nośnika może zadecydować o akceptacji innowacyjnego produktu oraz o chęci jego spróbowania. Zatem projektowanie żywności funkcjonalnej musi uwzględniać specyfikę nośnika [1, 4].

Ocena funkcjonalnego produktu żywnościowego zależy ponadto od zastosowanej kombinacji: produkt żywnościowy – nośnik właściwości funkcjonalnych i składnik funkcjonalny, co wykazano w badaniach [1, 3, 46]. Najbardziej pozytywnie oceniane były te produkty funkcjonalne, w których o funkcjonalności decydował składnik naturalnie w nich występujący, a którego zawartość została w wyniku procesu technologicznego zwiększona.

Cechy konsumenta a akceptacja innowacyjnych produktów żywnościowych

Akceptacja nieznannej żywności, w tym wyprodukowanej za pomocą innowacyjnych technologii, jest w istotnym stopniu warunkowana charakterystyką psychologiczną konsumenta. Nowość bodźców, których źródłem jest innowacyjna żywność sprawia, że u niektórych osób lub w niektórych sytuacjach pojawia się skłonność do eksplorowania. W wielu teoriach psychologicznych zakłada się, że eksplorowanie wynika z ogólnych skłonności przystosowawczych człowieka i popędu ciekawości, a zatem jego brak jest warunkowany brakiem lub małym stopniem skłonności przystosowawczych i ciekawości. O podejmowaniu zachowań eksploracyjnych, obok wrodzonych skłonności, decyduje poziom pobudzenia. Innowacja o wysokim stopniu złożoności czy odmienności może prowadzić do powstania silnych emocji negatywnych, które zazwyczaj prowadzą do odrzucenia źródła tych emocji, czyli innowacyjnego produktu. Słabe pobudzenie emocjonalne, które zazwyczaj towarzyszy nowości niewiele różniąc się od znanych konsumentowi produktów, wywołuje słaby efekt afektywny, który nie jest w stanie zachęcić do zainteresowania produktem i podjęcia próby jego poznania. Konsument dąży do odczuwania pozytywnych emocji (np. przyjemności), a unika negatywnych (np. przykrości), co w istotny sposób determinuje jego stosunek względem innowacyjnych produktów. Akceptacja nowego produktu jest utrudniona, jeśli spodziewana różnica między znanym produktem a jego innowacyjną wersją nie wywo-

łuże u osoby dostatecznie silnego, ale nie nazbyt silnego pobudzenia [33]. Obok stopnia pobudzenia, na aktywność eksploracyjną wpływ ma poziom odczuwanego lęku. Maksymalna chęć eksplorowania powstaje przy minimalnym poziomie lęku. Niektórzy ludzie mają wrodzoną podatność na stany lękowe, stąd ich skłonność do eksplorowania jest znacznie ograniczona. Różnice między ludźmi wynikające ze zróżnicowanego stopnia pobudzenia oraz podatności na lęk powodują, że ujawniają się różnice w ich reakcjach na nowości [33].

Cechą konsumenta istotnie warunkującą akceptację nowych produktów żywnościowych są jego preferencje żywieniowe, czyli dokonywanie wyboru żywności zgodnie z własnymi upodobaniami [7, 33, 49]. Wśród powodów niechęci do określonych produktów żywnościowych znajdują się zarówno przekonania odnoszące się do samej żywności, np. że charakteryzuje się negatywnymi cechami sensorycznymi (nieodpowiednim smakiem, zapachem, konsystencją lub wyglądem), jak i do konsekwencji jej spożywania, np. pogląd, że spożywanie warzyw strączkowych przyczynia się do dyskomfortu w przewodzie pokarmowym, może sprzyjać ich odrzuceniu [7, 27]. Akceptacja produktu jest utrudniona, jeśli osoba nie zna żywności o zbliżonej specyfice i jednocześnie reprezentuje cechę indywidualną, określaną jako neofobia żywieniowa (*food neofobia*). Wyraża ona tendencję do unikania nowej, nieznannej żywności i istotnie wpływa na akceptację innowacyjnej żywności [14].

O akceptacji nowości decyduje innowacyjność konsumenta, która jest funkcją czasu przyswojenia innowacji. Im krótszy jest czas potrzebny do przyswojenia nowości, tym osoba charakteryzuje się wyższym poziomem innowacyjności [27–34]. Rola zmiennych socjodemograficznych w warunkowaniu akceptacji innowacyjnej żywności jest przedmiotem dyskusji. Jak podaje Dagevos [13], takie zmienne, jak: wiek, płeć i poziom edukacji mają coraz mniejszą siłę w wyjaśnianiu wyboru i akceptacji żywności w krajach rozwiniętych. Z kolei Ares i Gámbaro [1] dowiedli, że płeć i wiek badanych statystycznie istotnie różnicowały preferencje względem różnych produktów funkcjonalnych, co potwierdzają także wyniki innych badań [27, 35]. Wśród konsumentów żywności funkcjonalnej przeważają kobiety [12, 20], osoby młodsze, lepiej wykształcone, osiągające wyższe dochody [21]. W badaniach Góreckiej i wsp. [20] nie potwierdzono statystycznie istotnego związku między wiekiem a nabywaniem żywności funkcjonalnej.

Oprócz cech psychologicznych oraz socjodemograficznych, wiedza, postawy i poglądy mają duży udział w wyjaśnianiu decyzji konsumenckich dotyczących innowacyjnej żywności [5, 10, 25, 29, 45]. To, kim dana osoba jest, jakie prezentuje poglądy, w jakim stopniu jest wrażliwa na oddziaływania zewnętrzne, decyduje, jak się zachowuje oraz czy wykazuje gotowość do ujawnienia określonego zachowania. Na przykład istotne znaczenie mają reprezentowane przez konsumentów poglądy związane ze zdrowiem, dotyczące korzyści i ryzyka dla zdrowia oraz prewencji chorób po-

przez spożycie żywności zawierającej składniki prozdrowotne, a także opinie wyrażające relacje między żywnością i zdrowiem. Wykazano pozytywne zależności między tymi poglądami a akceptacją żywności funkcjonalnej [2, 25, 48].

Czynniki subiektywne, odzwierciedlające percepcję konsumentów, mają istotny wpływ na akceptację innowacji, a wśród nich: postrzeganie zastosowanej technologii [5, 6, 26, 28] i postrzeganie produktu z perspektywy korzyści oraz ryzyka z nim związanego, jakości i ceny, także innych cech produktu, np. naturalności [8, 15, 37].

Zastosowanie nowych technologii pozwala wydłużyć trwałość produktów spożywczych, zwiększyć ich bezpieczeństwo, a jednocześnie wytworzyć produkty istotnie różne od występujących na rynku. Innowacyjne technologie żywności są w różnym stopniu akceptowane przez konsumentów [8, 9]; niektóre z nich są przyjmowane, podczas gdy inne, np. inżynieria genetyczna, wywołują sprzeciw konsumentów [19]. W przypadku np. nanotechnologii, wiedza o akceptacji konsumenckiej jest ciągle niewystarczająca [24, 39].

Większość konsumentów charakteryzuje się niewielką wiedzą o technologiach stosowanych w produkcji żywności [5]. Wyniki badań dotyczących wpływu dostarczanych informacji na akceptację konsumencką nowych technologii nie są jednoznaczne. Wskazuje się na brak wpływu informacji o nowych technologiach na akceptację produktów lub też dowodzi się pozytywnego lub negatywnego efektu oddziaływania takich przekazów [35]. Wykazano jednak, że niewiedza o innowacyjnych technologiach jest istotną barierą w ich akceptacji [8]. Technologie te pomagają zrealizować korzyści poszukiwane przez konsumenta, ale produkty o wysokim stopniu przetworzenia wywołują u niektórych konsumentów różne obawy – zwłaszcza u tych, którzy z technologiami o niskim stopniu przetworzenia i ich efektami łączą większe walory zdrowotne żywności i równowagę w środowisku. Bardziej innowacyjni konsumenci są przekonani, że stosowane technologie mogą zmniejszyć ryzyko i dostarczyć korzyści wcześniej niedostępnych [5].

W przypadku żywności wyprodukowanej za pomocą nowych technologii, konsumenci dokonując jej wyboru biorą pod uwagę specyfikę samej żywności lub nowej technologii. Wykazano, że niektóre grupy konsumentów są predysponowane do przyjmowania lub odrzucania nowych technologii, np. „zieloni” lub alternatywni konsumenci są przeciwnikami innowacyjnych technologii [7]. Percepcja ryzyka związane z zastosowaniem takiej technologii jest warunkowana przekonaniem konsumenta dotyczącymi jego źródła oraz konsekwencji. Za bardziej ryzykowne uznawane jest to, co w opinii konsumentów nie zostało jeszcze dobrze rozpoznane przez ekspertów, zwłaszcza gdy opinia publiczna uważa, że ważne fakty są celowo ukrywane przez instytucje odpowiadające za informowanie konsumentów o potencjalnych zagrożeniach [35]. Za bardziej ryzykowne traktowane są technologie, których potencjalne negatywne konsekwencje są łączone ze zdrowiem. Genetyczne modyfikacje, naświetlanie pro-

mieniowaniem gamma lub X oraz bakteriocyny sprzyjają istnieniu tego rodzaju obaw. Jak zaobserwował Cardello [7], wielu konsumentów było przekonanych, że technologia z zastosowaniem bakteriocyn w produkcji żywności polega na wykorzystaniu dodatkowych niepożądanych bakterii. Obawy wzbudzała także modyfikowana atmosfera i procesy aseptyczne stosowane w pakowaniu żywności.

Postrzegane ryzyko związane z zastosowaną technologią było negatywnie skorelowane z akceptacją i chęcią spożywania produktu [38]. Ryzyko jest odczuwane przez konsumentów pod wpływem różnych przekazów dotyczących technologii i produktu, kiedy nie towarzyszy temu procesowi klarowna informacja dotycząca korzyści, albo kiedy coś jest postrzegane jako niesprawiedliwe. Konsument chce wiedzieć, w jaki sposób nowa technologia stwarza ryzyko, ale także, w jaki sposób redukuje dotychczas istniejące. Samo sformułowanie pytania o nową technologię może wywołać u konsumenta niepewność co do bezpieczeństwa tej technologii. Niepewność związana z technologią i jej bezpieczeństwem powstaje już w momencie zadawania pytania o technologię czy metodę przetwarzania. Konsument wyraża zaniepokojenie z powodu potencjalnie szkodliwych produktów ubocznych zastosowanej technologii i nieznanego ryzyka dla zdrowia. Obawy związane z bezpieczeństwem stosowanej technologii mogą determinować preferencje wobec niej poprzez zmianę oczekiwanego poziomu lubienia/nielubienia. Przedstawione uczestnikom badania nazwy technologii, nawet te z niskim poziomem odczuwanych obaw, wywoływały zmniejszenie preferencji względem wytwarzanych produktów [7].

Konsument w większym stopniu dostrzega ryzyko wywoływane przez czynniki zewnętrzne, nad którymi nie mają kontroli niż czynniki indywidualne lub związane z ich zachowaniami lub stylem życia [48]. Starają się ograniczyć ryzyko związane z zakupem nowego produktu poprzez poszukiwanie informacji o nim, zarówno w miejscu sprzedaży, w środkach masowej komunikacji, jak i wśród znajomych i w ten sposób zmniejszają subiektywną niepewność związaną z produktem. W wielu badaniach wykazano, że wiedza konsumentów jest istotnym czynnikiem wpływającym na ocenę ryzyka [29, 31, 48]. Nowy produkt musi być przez konsumenta „oswojony”. Brak doświadczeń związanych z produktem, często również wiedzy, może być istotną barierą w jego akceptacji.

W literaturze przedmiotu podkreślana jest korelacja między odczuwanym ryzykiem i korzyściami wynikającymi z podejmowanego zachowania. Zachowania, które dostarczają korzyści, są postrzegane jako mniej ryzykowne – i odwrotnie [11, 16]. Osoby, które potwierdzały istnienie dużych korzyści z wprowadzenia żywności genetycznie zmodyfikowanej do własnego jadłospisu, również informowały o świadomości istnienia ryzyka związanego ze spożywaniem tej żywności [27], co może wynikać z braku przekonujących dowodów naukowych dotyczących oddziaływania tej żywności na organizm człowieka w długiej perspektywie czasowej.

Postrzeganie ryzyka i korzyści stanowi o akceptacji nowych technologii i produktów. Zbyt wysoki dopuszczalny poziom ryzyka charakteryzujący wprowadzane na rynek produkty i technologie zazwyczaj budzi silny sprzeciw jednostek, których dotyczą zagrożenia. Większa wiedza na temat tego, jakie produkty czy technologie budzą niepokój u konsumentów, i co jest jego powodem, może pomóc technologom w dostosowaniu nowych produktów do potrzeb konsumentów bądź przekonać ich do zwracania większej uwagi na konieczność informowania konsumentów o zastosowanej technologii, wyjaśniania jej istoty, zwłaszcza w kontekście jej wpływu na zdrowie człowieka.

Ronteltap i wsp. [36] dokonali przeglądu literatury, z którego wynika, że dostrzegane koszty i korzyści stanowią najbardziej istotne determinanty konsumenckiej akceptacji nowych technologii żywności. Jednak różne grupy konsumentów mogą dostrzegać różne korzyści wynikające ze spożywania innowacyjnych produktów żywnościowych. Wykazano, że w przypadku żywności funkcjonalnej, pomimo dużego znaczenia postrzeganych korzyści wynikających z jej spożywania, zastosowana technologia wytwarzania produktu istotnie wpływała na jego akceptację. Zaniepokojenie konsumenta technologią wpływa na jego oczekiwania wobec smaku żywności [7, 28]. Jest on oceniany mniej pozytywnie w przypadku świadomości o wytworzeniu produktu z zastosowaniem innowacyjnej technologii.

Cechy innowacji, będące ich obiektywną miarą, nie zawsze znajdują odzwierciedlenie w subiektywnej ocenie konsumenckiej i sposobie definiowania innowacji. Konsument dokonuje ich oceny, uwzględniając: cenę, korzyści, ryzyko i niepewność [36]. Cena żywności ma istotny wpływ na akceptację lub brak akceptacji nowego produktu żywnościowego postrzeganego z perspektywy zastosowanej technologii. Większość brytyjskich konsumentów jest skłonna kupować żywność genetycznie zmodyfikowaną, ale tylko wtedy, gdy jej cena będzie niższa niż żywności produkowanej w tradycyjny sposób [42].

Cechy sensoryczne, zwłaszcza wygląd i smak, zawsze są istotne w ocenie produktów żywnościowych [27, 47], podobnie jest w przypadku technologicznych innowacji. Wiele badań akceptacji innowacji żywnościowych uwzględnia koszty i korzyści dotyczące cech sensorycznych żywności. Wykazano, że postrzeganie jakości sensorycznej sera wyprodukowanego z wykorzystaniem inżynierii genetycznej jako właściwej może zwiększyć chęć jego zakupu [17].

Konsumenckie oczekiwania dotyczące jakości produktu, właściwości sensorycznych i charakterystyki procesu są istotne dla sukcesu nowego produktu żywnościowego. Postrzegana korzyść ze spożywania żywności funkcjonalnej i potrzeba istnienia takiej żywności determinowały spożywanie żywności funkcjonalnej [25, 44]. To, w jaki sposób konsumenci postrzegają korzyści, których źródłem jest spożywanie żywności wyprodukowanej za pomocą określonej technologii, wpływa na jej akcepta-

cję [15, 18, 26]. Na współczesnym rynku żywności konsumenci poszukują produktów o takich cechach, jak: dobry smak, wygoda, walory zdrowotne, a te mogą być zapewnione dzięki zastosowaniu nowych technologii.

Postrzeganie korzyści wynikających ze spożywania określonej żywności często jest pochodną oceny stopnia przetworzenia żywności. Naturalność żywności jest istotną i pozytywnie ocenianą cechą i dla niektórych konsumentów jest źródłem pożądanych korzyści. Wyniki badań wskazują, że dychotomia między naturą i technologią jest ważna, kiedy rozważany jest problem akceptacji nowych technologii stosowanych w produkcji żywności [37]. Konsumenci wykazują zaufanie względem żywności naturalnej, a podejrzliwość względem nowych technologii [23]. Im bardziej produkt był postrzegany jako naturalny, tym mniej akceptowane było zastosowanie genetycznych modyfikacji w tworzeniu nowych wersji tego produktu [43].

Źródłem wiedzy o korzyściach, ale także ryzyku związanym z nabywaniem nowego produktu żywnościowego mogą być etykiety, których celem jest dostarczenie dodatkowej informacji o technologii i korzyściach w celu zwiększenia świadomości konsumenta. Etykiety mogą także pomóc w zwiększeniu przekonania o własnej kontroli nad konsumpcją nowych produktów żywnościowych [10]. Ludzie wykazują tendencję do akceptowania ryzyka wynikającego z konsumowania nowych produktów, jeśli mają poczucie, że mają je pod kontrolą i to może wyjaśniać, dlaczego oczekują więcej informacji [35].

Podsumowanie

Konsumenckie oczekiwania dotyczące jakości produktu, jego jakości sensorycznej, a także korzyści wynikających z jego spożywania są istotne dla sukcesu nowego produktu żywnościowego. Brak wiedzy o produkcie i jego technologii może być przyczyną powstawania negatywnych postaw wobec niego oraz odczuwania obaw, które nie sprzyjają jego akceptacji. Oczekiwania względem produktu są warunkowane cechami psychologicznymi i socjodemograficznymi konsumenta. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że niektóre cechy psychologiczne, np. innowacyjność, stopień neofobii żywieniowej, ale również specyficzne reakcje pod wpływem bodźców zewnętrznych oddziałują na akceptację żywności, zwłaszcza istotnie różniące się od znanej jej wersji. Wpływ cech socjodemograficznych na akceptację innowacyjnej żywności jest zróżnicowany, a badacze coraz częściej prezentują pogląd wskazujący na mniejsze znaczenie tej grupy czynników w porównaniu z cechami psychospołecznymi konsumentów, wyrażającymi ich sposób postrzegania innowacyjnych technologii i produktów. Stosunkowo najmniej rozpoznane są związki między systemem społecznym, w którym funkcjonuje konsument a akceptacją innowacji, aczkolwiek wykazywane w badaniach międzynarodowych różnice w poziomie akceptacji i zachowaniach względem różnych innowacyjnych produktów żywnościowych potwierdzają te zależ-

ności. Specyficzne reakcje na nowe produkty żywnościowe oraz różny stopień akceptacji tych produktów w poszczególnych grupach konsumentów wskazuje na konieczność opracowywania nowych produktów adresowanych do konkretnych grup, a nie do wszystkich konsumentów.

Artykuł przygotowano 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 Gospodarka 2007 - 2013.

The paper was prepared under the “BIOFOOD – innovative, functional products of animal origin” Project No. POIG.01.01.02-014-090/09 that was co-financed by the European Union from the European Regional Development Fund within the Innovative Economy Operational Programme 2007 - 2013.

Literatura

- [1] Ares G., Gámbaro A.: Influence of gender, age and motives underlying food choice on perceived healthiness and willingness to try functional foods. *Appetite*, 2007, **49**, 148-158.
- [2] Ares G., Giménez A., Gámbaro A.: Influence of nutritional knowledge on perceived healthiness and willingness to try functional foods. *Appetite*, 2008, **51**, 663-668.
- [3] Ares G., Giménez A., Gámbaro A.: Consumer perceived healthiness and willingness to try functional milk desserts. Influence of ingredient, ingredient name and health claim. *Food Qual. Prefer.*, 2009, **20**, 50-56.
- [4] Bech-Larsen T., Grunert K.G.: The perceived healthiness of functional foods. A conjoint study of Danish, Finnish and American consumers' perception of functional foods. *Appetite*, 2003, **40**, 9-14.
- [5] Bruhn C.M.: Enhancing consumer acceptance of new processing technologies. *Inn. Food Sci. Emer. Technol.*, 2007, **8**, 555-558.
- [6] Caporale G., Monteleone E.: Influence of information about manufacturing process on beer acceptability. *Food Qual. Prefer.*, 2004, **15** (3), 271-278.
- [7] Cardello A.: Consumer concerns and expectations about novel food processing technologies: Effects on product liking. *Appetite*, 2003, **40**, 217-233.
- [8] Cardello A.V., Schutz H.G., Leshner L.L.: Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. *Inn. Food Sci. Emer. Technol.*, 2007, **68**, 73-83.
- [9] Costa M.C., Deliza R., Rosenthal A., Hedderley D., Frewer L.J.: Non-conventional technologies and impact on consumer behavior. *Trends Food Sci. Technol.*, 2000, **11**, 188-193.
- [10] Costa-Font M., Gil J.M., Trail B.W.: Consumer acceptance, valuation of and attitudes towards genetically modified food: Review and implications for food policy. *Food Policy*, 2008, **33**, 99-111.
- [11] Costa-Font J., Mossialos E.: Is dread of genetically modified food associated with the consumers demand for information? *Applied Economics Letters*, 2005, **12**, 859-863.
- [12] Czapska M., Jeznach M., Święcicka A.: Zachowania konsumentów na rynku żywności funkcjonalnej. *Handel Wew.*, 2002, **48**, 30-33.
- [13] Dagevos H.: Consumers as four-faced creatures. Looking at food consumption from the perspective of contemporary consumers. *Appetite*, 2005, **45**, 32-39.

- [14] Dąbrowska A., Babicz-Zielińska E., Owczarek T., Zabrocki R.: Zjawisko neofobii wobec nowych produktów żywnościowych wprowadzanych na rynek. W: Zarządzanie produktem – wyzwania przyszłości. Red. B. Sojkin i J. Kall. Wyd. AE, Poznań 2006, ss.175-182.
- [15] De Steur H., Gellynck X., Storozhenko S., Liqun G., Lambert W., Van Der Straeten D., Viaene J.: Willingness-to-accept and purchase genetically rice with folate content in Shanxi Province, China. *Appetite*, 2010, **54**, 118-125.
- [16] Finucane M.L., Holup J.L.: Psychosocial and cultural factors affecting the perceived risk of genetically modified food: an overview of the literature. *Soc. Sci. Med.*, 2005, **60**, 1603-1612.
- [17] Frewer L., Howard C., Hedderley D., Shepherd R.: Consumer attitudes towards different food-processing technologies used in cheese production – the influence of consumer benefit. *Food Qual. Prefer.*, 1997, **8** (4), 271-280.
- [18] Frewer L., Scholderer J., Lambert N.: Consumer acceptance of functional foods: issues for the future. *Brit. Food J.*, 2003, **105**, 714-731.
- [19] Gaskell G., Allum N., Bauer M., Durant J., Allansdottir A., Bonfadelli H.: Biotechnology and the European public. *Nature Biotechnology*, 2000, **18**, 935-938.
- [20] Górecka D., Czarnocińska J., Idzikowski M., Kowalec J.: Postawy osób dorosłych wobec żywności funkcjonalnej w zależności od wieku i płci. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **4** (65), 32-326.
- [21] Gutkowska K., Sajdakowska M., Żakowska-Biemans S., Kowalczyk I., Kozłowska A., Olewnik-Mikołajewska A.: Poziom akceptacji zmian na rynku żywności pochodzenia zwierzęcego w opinii konsumentów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **5** (84), 187-202.
- [22] Hellyer N.E., Fraser I., Haddock-Flaser J.: Food choice, health information and functional ingredients: An experimental auction employing bread. *Food Policy*, 2012, **37**, 232-245.
- [23] Huotilainen A., Tuorila H.: Social representation of new foods has a stable structure based on suspicion and trust. *Food Qual. Prefer.*, 2005, **16**, 565-572.
- [24] Jandt K.D.: Probing the future in functional soft drinks on the nanometer scale – towards tooth friendly drinks. *Trends Food Sci. Technol.*, 2006, **17**, 263-271.
- [25] Jeżewska-Zychowicz M.: Impact of beliefs and attitudes on young consumers' willingness to use functional food. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2009, **59**, 2, 183-187.
- [26] Jeżewska-Zychowicz M.: Akceptacja genetycznych modyfikacji w produkcji żywności o zwiększonej zawartości witamin i składników mineralnych na przykładzie ryżu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **4** (65), 47-54.
- [27] Jeżewska-Zychowicz M., Babicz-Zielińska E., Laskowski W.: Konsument na rynku nowej żywności. Wybrane uwarunkowania. Wyd. SGGW, Warszawa 2009.
- [28] Lähteenmäki L., Grunert K., Ueland O., Astrom A., Arvola A., Bech-Larsen T.: Acceptability of genetically modified cheese presented as real product alternative. *Food Qual. Prefer.*, 2002, **13**, 523-533.
- [29] Mahon D., Cowan C., McCarthy M.: The role of attitudes, subjective norm, perceived control and habit in the consumption of ready meals and takeaways in Great Britain. *Food Qual. Prefer.*, 2006, **17**, 474-481.
- [30] Marette S., Roosen J., Blanchemanche S., Feinblatt-Mélèze E.: Functional food, uncertainty and consumer choices: A lab experiment with enriched yoghurts for lowering cholesterol. *Food Policy*, 2010, **35**, 419-428.
- [31] Nocella G., Kennedy O.: Food health claims – What consumers understand. *Food Policy*, 2012, **37**, 571-580.
- [32] Øvrum A., Alfnes F., Almli V.L., Rickersten K.: Health information and diet choices: Results from cheese experiment. *Food Policy*, 2012, **37**, 520-529.

- [33] Piliska M., Jeżewska-Zychowicz M.: *Psychologia żywienia – wybrane zagadnienia*. Wyd. SGGW, Warszawa 2008.
- [34] Rogers E.M.: *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press, New York 2003.
- [35] Rollin F., Kennedy J., Wills J.: Consumers and new food technologies. *Trends Food Sci. Technol.*, 2011, **22**, 99-111.
- [36] Ronteltap A., van Trijp J.C.M. Renes R.J., Frewer L.J.: Consumer acceptance of technology-based food innovations: lessons for the future of nutrigenomics. *Appetite*, 2007, **49**, 1-17.
- [37] Rozin P., Spranca M., Krieger Z., Neuhaus S., Surillo D., Swerdin A.: Preference for natural: instrumental and ideational/moral motivations, and the contrast between foods and medicines. *Appetite*, 2004, **43**, 147-154.
- [38] Siegrist M., Cousin M.-E., Kastenholz H., Wiek A.: Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: the influence of affect and trust. *Appetite*, 2007, **49**, 459-466.
- [39] Siegrist M., Keller C., Kastenholz H., Frey S., Wiek A.: Laypeople's and expert's perception of nanotechnology hazards. *Risk Anal.*, 2007, **27**, 59-69.
- [40] Siegrist M.: Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. *Trends Food Sci. Technol.*, 2008, **19**, 603-608.
- [41] Siegrist M.: The influence of trust and perceptions of risks and benefits on the acceptance of gene technology. *Risk Anal.*, 2000, **20**, 195-203.
- [42] Spence A., Townsend E.: Examining consumer behavior toward genetically modified (GM) food in Brit. *Risk Anal.*, 2006, **26**, 657-670.
- [43] Tenbült P., de Vries N.K., Dreezens E., Martijn C.: Perceived naturalness and acceptance of genetically modified food. *Appetite*, 2005, **45**, 267-284.
- [44] Urala N., Lähteenmäki L.: Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Qual. Prefer.*, 2004, **15**, 793-803.
- [45] Vassallo M., Saba A., Arvola A., Dean M., Messina F., Winkelmann M., Claupen E., Lähteenmäki L., Shepherd R.: Willingness to use functional breads. Applying the Health Belief Model across four European countries. *Appetite*, 2009, **52**, 452-460.
- [46] Van Kleef E., van Trijp H.C.M., Luning P., Jongen W.M.F.: Consumer-oriented functional food development: How well do functional disciplines reflect the "voice of the consumer?" *Trends Food Sci. Technol.*, 2005, **13**, 93-101.
- [47] Verbeke W.: Functional foods: consumer willingness to compromise on taste and health. *Food Qual. Prefer.*, 2006, **17**, 126-131.
- [48] Verbeke W., Frewer L.J., Scholderer J., de Brabander H.F.: Why consumers behave as they do with respect to food safety and risk information. *Anal. Chim. Acta*, 2006, **586**, 2-7.
- [49] Wądołowska L., Babicz-Zielińska E., Czarnocińska J.: Food choice models and their relation with food preferences and eating frequency in the Polish population: POFPRESS study. *Food Policy*, 2008, **33**, 122-134.

DETERMINANTS OF CONSUMER ACCEPTANCE OF INNOVATIVE FOOD PRODUCTS

S u m m a r y

In the paper, the impact was discussed of various factors on the acceptance of innovative food product. It was proved that many factors decided on the acceptance of innovations; they could be classified into three categories: characteristics of social system; characteristics of the innovation itself; and characteristics of consumer, the addressee of the innovation. Social system is represented by a social, economic, and political environment; and, in the research studies, a social trust issue is most frequently pointed out as is

its impact on choosing food and utilizing informative media. Of the food characteristics referred to in the research studies on consumer acceptance of innovative food product, among other things, the following are included: price, comfort in use, taste, overall appearance, and other specific characteristics that depend on the type of food. The profile of consumers includes their psychological, socio-demographic, and psycho-social features.

Key words: innovation food, consumer's features, social system, consumer acceptance of innovations 

SYLWIA ONACIK-GÜR, ANNA ŻBIKOWSKA,
KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK

POCHODZENIE, METODY OTRZYMYWANIA I TRWAŁOŚĆ OKSYDACYJNA TŁUSZCZÓW WYSOKOOLEINOWYCH

Streszczenie

Oleje roślinne cechuje duża zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (KT). W większości wykazują one małą stabilność oksydacyjną w wysokiej temperaturze oraz podczas długiego okresu przechowywania. Tłuszcze z dużą zawartością kwasu oleinowego, należącego do grupy monoenowych KT, charakteryzuje jednak wyższa odporność na procesy utleniania. Ponadto kwas oleinowy jest skuteczny w obniżaniu poziomu cholesterolu w surowicy krwi. Tłuszcze wysokooleinowe mogą być zatem stosowane w przetwórstwie spożywczym, a także w gastronomii. W produkcji żywności mogą zastąpić tłuszcze zawierające niekorzystne żywieniowo nasycone KT lub izomery trans KT. Za pomocą krzyżowania, mutacji oraz inżynierii genetycznej uzyskuje się wysokooleinowe odmiany takich roślin oleistych, jak rzepak, słonecznik czy soja. Na terytorium państw Unii Europejskiej dopuszczona jest jedynie uprawa tych odmian, które nie powstały w procesie inżynierii genetycznej.

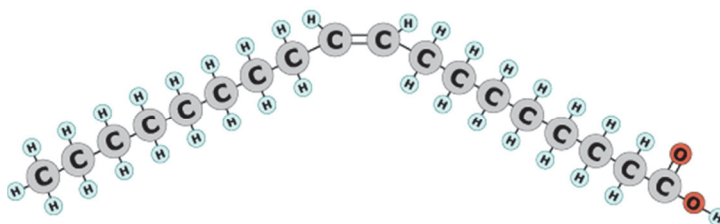
Słowa kluczowe: krzyżowanie roślin, GMO, tłuszcze wysokooleinowe, kwas oleinowy, stabilność oksydacyjna

Wprowadzenie

Tłuszcz w diecie człowieka powinien stanowić 30 % zapotrzebowania energetycznego. Spełnia on nie tylko funkcje energetyczne, ale również ustrojowe, dlatego jest ważnym składnikiem odżywczym [52]. Tłuszcz w produktach spożywczych jest dodawany w procesie produkcji jako składnik recepturowy lub przenika do wyrobów podczas ich obróbki termicznej, np. w trakcie smażenia [24].

Głównym źródłem tłuszczów jadalnych są surowce roślinne. Tłuszcz w roślinach jest gromadzony w mikrosomach komórek nasion jako materiał zapasowy. Można go łatwo wydobyć na drodze tłoczenia oraz ekstrakcji [27].

Jakość, zastosowanie oraz wartość żywieniowa tłuszczu zależy przede wszystkim od składu kwasów tłuszczowych (KT) [24, 54]. Pod względem żywieniowym najcenniejsze są polienowe KT należące do NNKT (niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych), które są składnikami egzogennymi w organizmie człowieka [52]. Występujące w KT wiązania nienasycone, zwłaszcza polienowe, są niestabilne w wysokich temperaturach i wykazują zwiększoną reaktywność, przez co szybko zachodzą w nich zmiany oksydacyjne oraz ulegają one transformacji z *cis* do *trans*. Produkty powstałe na skutek wspomnianych przemian zachodzących w tłuszczach są niekorzystne i często niebezpieczne dla człowieka. Tłuszcze z dominującą zawartością nasyconych KT są najbardziej stabilne i odporne na działanie wysokiej temperatury [8]. Większość produkowanych na świecie olejów jest pochodzenia roślinnego, a w ich składzie znaczący udział mają polienowe KT, co nie jest korzystne w przypadku tłuszczów poddawanych działaniu wysokiej temperatury, np. podczas smażenia.



Rys. 1. Struktura kwasu oleinowego.

Fig. 1. Structure of oleic acid.

Źródło: / Source: [28]

Tłuszczami odpornymi na działanie wysokiej temperatury oraz cennymi pod względem żywieniowym są oleje o dużej zawartości kwasu oleinowego (rys. 1) [6, 22]. KT monoenoowe *cis* mogą być wykorzystywane jako źródło energii pozbawione niekorzystnego wpływu na lipoproteiny i krzepliwość krwi [19]. Są one skuteczne (głównie kwas oleinowy) w obniżaniu zawartości cholesterolu w surowicy krwi. Ta cecha, jak i stabilność, pozwalają na ich szersze wprowadzenie do żywności w zastępstwie izomerów *trans* i nasyconych KT [9, 52]. Naturalnymi źródłami tłuszczu wysokooleinowego (≥ 70 % kwasu oleinowego) są: oliwki, orzechy laskowe i moringa olejodajna (*Moringa oleifera*) [1]. W składzie kwasów tłuszczowych oleju z rzepaku ulepszanego bezerukowego, kwas oleinowy stanowi $60 \div 65$ % całkowitej puli KT [32] i dlatego jest nazywany „oliwą północy”. Zawartość aż $26,5 \div 30,5$ % polienowych KT w oleju

rzepakowym [11] wpływa jednak niekorzystnie na właściwości przechowalnicze oraz stabilność w wysokiej temperaturze [46]. Czas indukcji procesów oksydacji (test Rancimat) w oleju rzepakowym tłoczonym i rafinowanym jest krótszy niż w przypadku oliwy extra virgin [5]. Zdecydowanie niższa stabilność oleju rzepakowego w porównaniu z oliwą z oliwek jest konsekwencją dużej zawartości polienowego kwasu linolenowego (ok. 10 %).

Metodami mutacji, krzyżowania oraz modyfikacji genetycznych otrzymano rośliny, których tłuszcz ma zwiększoną zawartość oleinowego KT. Rośliny oleiste, które najczęściej są poddawane takim zabiegom to: słonecznik, rzepak, soja, orzechy ziemne, kukurydza i len [31]. Wszystkie wymienione rośliny są uprawiane na skalę przemysłową, a ich nasiona – przetwarzane [37]. W Europie najpowszechniejszy jest olej rzepakowy; w Polsce stanowi on 80 % spożywanych olejów [47]. Natomiast w Stanach Zjednoczonych najpopularniejszy jest olej sojowy, którego konsumpcja stanowi 70 % wszystkich olejów na rynku [31].

Obecnie trwają badania nad alternatywnymi źródłami tłuszczów, które będą podobne do olejów roślinnych. Tłuszcze mikrobiologiczne produkowane są przez olejo-dajne kultury mikroorganizmów, takie jak: bakterie, drożdże, pleśnie oraz mikroalgi. Mogą one wytwarzać oleje o bardzo zróżnicowanym profilu kwasów tłuszczowych, z przewagą KT nienasyconych. W porównaniu z tradycyjnymi uprawami roślinnymi, które charakteryzują się sezonowością, mikroorganizmy nie są zależne od zmian pogodowych, a ich wzrost i produkcja TAG jest dużo szybsza [15, 26]. W komórkach drożdży *Cryptococcus albidus* i *Lipomyces starkeyi* lipidy mogą stanowić nawet 65 % masy, o ile są one utrzymywane w odpowiednich warunkach. Tłuszcz wytwarzany przez te mikroorganizmy cechuje również duża zawartość kwasu oleinowego (*C. albidus* – 73 %, *L. Starkeyi* – 52 %). Niektóre szczepy drożdży *Cryptococcus curvatus* mają skład KT bardzo zbliżony do masła kakaowego, dlatego ich tłuszcz może stanowić jego zamiennik [17, 23, 51].

Wiele mikroorganizmów ma zdolność do produkcji oleju mikrobiologicznego, zawierającego podstawowe kwasy tłuszczowe (podobnie jak oleje pochodzące z roślin). Niektóre mikroorganizmy produkują oleje bogate w NNKT, w tym najcenniejsze dla układu nerwowego i immunologicznego KT: eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA). Utrzymanie odpowiednich warunków hodowli jest związane z nakładami finansowymi. Ta alternatywna produkcja tłuszczów bogatych w cenne, deficytowe w diecie i mało dostępne (ze względu na brak innych tańszych metod ich otrzymywania) kwasy: arachidonowy (ARA) i DHA staje się uzasadniona. Takie kwasy wykorzystywane są przede wszystkim w odżywkach dla dzieci [7].

Metody otrzymywania roślin o zmienionym składzie KT

Najstarszą, podstawową i niebudzącą kontrowersji metodą otrzymywania roślin o ustalonej cesze jest krzyżowanie. Zjawisko to występuje również naturalnie w przyrodzie. Obecnie proces krzyżowania roślin można przeprowadzać w warunkach kontrolowanych, omijając bariery biologiczne przez usuwanie znamienia, skracanie słupka bądź łączenie komórek w warunkach *in vitro* [29]. W procesie tym powstaje hybryda z dwóch roślin, różniących się pewnymi cechami. Gdy celem jest otrzymanie rośliny wytwarzającej tłuszcz o preferowanym składzie KT, do krzyżowania wybierane są genotypy o różnych proporcjach KT. Przed przeprowadzeniem hybrydyzacji badany jest skład KT w oleju z tych roślin za pomocą chromatografii gazowej [47].

Sama hybrydyzacja nie jest jednak tak efektywna jak mutacja materiału siewnego przy użyciu różnych czynników zewnętrznych. Rośliny, w których tłuszczu znajduje się dużo kwasów tłuszczowych osiemnastowęglowych, są odpowiednie do zastosowania tego typu metody. KT linolowy oraz linolenowy powstają z kwasu oleinowego w wyniku działania enzymów (desaturaz) w komórce roślin. Enzymy te odwodorniają poszczególne wiązania w cząsteczce, czego wynikiem jest powstawanie polienowych KT. Mutacja ma na celu zmianę szlaku enzymatycznego tak, aby w puli KT osiemnastowęglowych pozostało jak najwięcej kwasu oleinowego w komórce. Najczęściej indukcję mutacji wywołuje się w nasionach bądź ich zarodkach poprzez działanie czynnika mutagennego, np. roztworu chemicznego lub promieniowania. Do mutacji należy wybierać takie odmiany, w których można skontrolować cechę wytwarzania kwasu oleinowego dzięki jednemu genowi bądź grupie genów dominujących [14, 31, 43]. Mutanty oraz ich krzyżówki wykazują wysoką odziedziczalność w zakresie zawartości kwasu oleinowego, w porównaniu z pozostałymi KT oraz stabilność środowiskową. Stwarza perspektywę dalszej uprawy tego typu roślin [41, 46].

Najbardziej efektywną metodą, mającą na celu uzyskanie dużej zmienności kwasów tłuszczowych w nasionach roślin oleistych, jest mutacja genetyczna. Dzięki inżynierii genetycznej można uzyskać rośliny oleiste, w których zawartość kwasu oleinowego w tłuszczu wzrasta nawet 2-krotnie w stosunku do pierwotnej ilości i osiąga nawet ponad 80 % w puli wszystkich KT. W Europie rośliny te nie są jednak uprawiane ze względu na obowiązujące przepisy [2] oraz obawy społeczne przed organizmami genetycznie zmodyfikowanymi (GMO) [24]. W Polsce obowiązuje zakaz uprawy roślin GMO oraz stosowania ich w żywieniu człowieka, natomiast w paszach przeznaczonych dla zwierząt dopuszcza się dodawanie roślin zmodyfikowanych genetycznie do 1 stycznia 2017 roku [2, 44]. Rynek tego typu roślin rozwija się dynamicznie na innych kontynentach, przede wszystkim w Ameryce Północnej i Południowej oraz w Azji [18].

Właściwości tłuszczów wysokooleinowych

Na podstawie licznych badań stwierdzono, że oleje charakteryzujące się dużą zawartością kwasu oleinowego (ponad 75 % wszystkich KT) oraz małą zawartością polienowych KT wykazują większą stabilność oksydacyjną w stosunku do innych tłuszczów. Powyższy skład kwasów tłuszczowych wpływa na przedłużenie trwałości olejów [3, 6]. Linolowy KT utlenia się 2 - 4 razy szybciej, a linolenowy nawet 10 - 40 razy szybciej niż oleinowy [8]. Popularne oleje, takie jak słonecznikowy są stosunkowo mało stabilne termicznie i oksydacyjnie ze względu na dużą zawartość polienowych KT. Dąży się, aby skład KT był zbliżony do składu oliwy z oliwek (bogatej w C 18:1 9 *cis*), która wykazuje dobrą stabilność oksydacyjną [34].

Skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu nasion roślin może być zmienny, w zależności od różnych czynników: sposobu suszenia i przechowywania [11, 21], warunków pogodowych i agrotechnicznych [20], czasu zbioru [16], a przede wszystkim od uwarunkowań genetycznych. W odmianach wysokooleinowych, w porównaniu z konwencjonalnymi, zawartość kwasu oleinowego może być ponad 2-krotnie większa (tab. 1). W ogólnej puli KT zmienia się również stosunek innych kwasów, głównie osiemnastowęglowych, takich jak: linolowy i linolenowy. Zawartość tych kwasów jest silnie ujemnie skorelowana z kwasem oleinowym [32].

Orzechy ziemne wysokooleinowe charakteryzują się podwyższoną trwałością przechowalniczą w porównaniu z odmianami konwencjonalnymi [34], a ich cechy sensoryczne zostały ocenione przez konsumentów na podobnym poziomie [35].

W badaniach, których celem było sprawdzenie reaktywności oksydacyjnej w zależności od rodzaju oleju słonecznikowego, wykazano prawie dwukrotnie wyższą odporność oleju z odmiany wysokooleinowej na działanie temp. 120 °C (rys. 2). Olej wysokooleinowy (HOSO) (w warunkach kontrolowanych) charakteryzował się bardzo dużą zawartością kwasu oleinowego (82,33 %), natomiast konwencjonalny (SO) niewielką, wynoszącą 26,04 % [36].

Oleje z dużą zawartością kwasu oleinowego są najczęściej używane do smażenia, dlatego większość badań tego typu tłuszczów dotyczy ich przydatności smażalniczej. Płuciennik i Kita [33] określali właściwości oleju rzepakowego HOSO i ich mieszanin podczas smażenia w nich chrupek ziemniaczanych. Autorzy wykazali, że w oleju słonecznikowym wysokooleinowym przemiany hydrolityczne zachodziły zdecydowanie intensywniej w porównaniu z tradycyjnym olejem rzepakowym. Przemiany oksydacyjne w oleju rzepakowym były natomiast dwukrotnie szybsze niż w HOSO. W wyniku przemian chemicznych zachodzących podczas smażenia barwa oleju ciemnieje. O dobrej stabilności oleju HOSO w wysokiej temperaturze świadczyła również niewielka zmiana barwy. Z kolei Smith i wsp. [45] stosowali metodę spektrometrii w podczerwieni i stwierdzili największą stabilność termiczną HOSO z odmian genetycznie zmodyfikowanych, w porównaniu z olejami: tradycyjnym słonecznikowym,

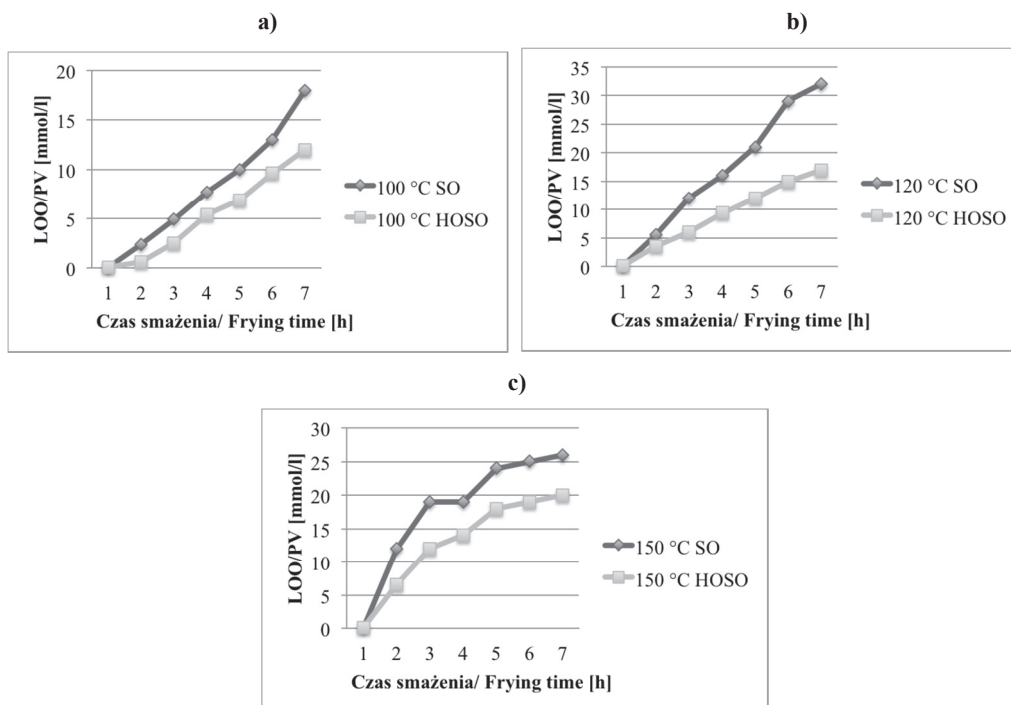
kukurydzianym, bawełnianym i arachidowym, w których smażyono kulki bawełniane przez 24 h w 185 °C. Zastosowany HOSO zawierał 87,4 % kwasu oleinowego. Petukhov i wsp. [30] wykazali, że w wysokooleinowym oleju rzepakowym po 5 dniach smażenia znajdowało się mniej sprzężonych dienów niż w oleju tradycyjnym oraz znacząco mniej polimerów w porównaniu z utwardzonym olejem rzepakowym.

Tabela 1. Zawartość kwasu oleinowego w tłuszczach roślin konwencjonalnych i wysokooleinowych.

Table 1. Content of oleic acid in conventional and high-oleic plant oils.

Roślina (odmiana) Plant (cultivar)	Rodzaj / Type	Zawartość kwasu oleinowego Content of oleic acid [%]	Źródło Source
Rzepak / Rape	konwencjonalny conventional	63,53 57,4	[36] [1]
Rzepak / Rape (SUNYL RS-80) (Clear Valley® 65) (Natreon®) (Clear Valley® 75) (Clear Valley® 80) (n*) (n*)	wysokooleinowy high-oleic	74,4 65,0 73,0 75,0 80,0 73,2 66,9	[13] [6] [6] [6] [6] [24] [25]
Słonecznik / Sunflower	konwencjonalny conventional	26,04 17,2 36,6	[36] [45] [40]
Słonecznik / Sunflower	wysokooleinowy high-oleic	82,33 87,4 76,4 81,4 78,0	[36] [45] [24] [25] [49]
Soja / Soya	konwencjonalna conventional	25,6 24,8	[45] [1]
Soja / Soya	wysokooleinowa high-oleic	38-55	[39]
Kukurydza / Corn	konwencjonalna conventional	28,2	[45]
Kukurydza / Corn	wysokooleinowa high-oleic	65,1-65,6	[49]
Orzechy ziemne / Peanuts	konwencjonalne conventional	51,8 45,8	[45] [35]
Orzechy ziemne / Peanuts	wysokooleinowe high-oleic	78,5	[35]
Szafran / Saffron	konwencjonalny conventional	8-21	[39]

* - brak informacji o odmianie / no information on cultivar



Rys. 2. Liczba nadtlenkowa ogrzewanego oleju słonecznikowego konwencjonalnego (SO) i wysokooleinowego (HOSO) w temp. [°C]: 100 (a), 120 (b) i 150 (c).

Fig. 2. Peroxide value of heated conventional sunflower oil (SO) and high-oleic oil (HOSO) at temperature [°C]: 100 (a), 120 (b) i 150 (c).

Źródło: / Source: [36]

Z kolei Abdulkarim i wsp. [1] porównali parametry jakościowe, zwłaszcza stabilność, wysokooleinowego oleju z rośliny *Moringa olifera* (MoO) (74,5 % kwasu oleinowego) z olejem palmowym, sojowym i rzepakowym w procesie smażenia. MoO charakteryzował się najmniejszym indeksem TOTOX, co świadczy o jego największej stabilności.

Z badań olejów z trzech odmian orzechów ziemnych, jednej tradycyjnej zawierającej 51,7 % kwasu oleinowego oraz dwóch wysokooleinowych (po 81,9 % kwasu oleinowego) wynikało, że trwałość tłuszczów o większej zawartości C18:1 9 *cis* jest zdecydowanie większa. Na podstawie testu termostatowego w temp. 37 °C, trwającego 120 h, stwierdzono, że olej o małej zawartości kwasu oleinowego charakteryzował się 6 razy większą liczbą nadtlenkową [34].

Abdulkarim i wsp. [1] wykazali, że po 20 h ogrzewania w temp. 190 °C w wysokooleinowym oleju kukurydzianym znajdowało się znacząco mniej związków polarnych niż w uwodornionym oleju kukurydzianym. Warner i Knowlton [49] zaobserwowali również, że olej kukurydziany konwencjonalny oraz uwodorniony

charakteryzowały się niższą jakością sensoryczną oraz stabilnością oksydacyjną w porównaniu z olejem kukurydzianym wysokooleinowym po 17,5 h smażenia frytek w 190 °C.

Zastosowanie olejów wysokooleinowych

Oleje wysokooleinowe stosowane są najczęściej do smażenia w postaci mieszanek z innymi tańszymi tłuszczami [33]. Żywność smażoną w tłuszczach wysokooleinowych charakteryzuje wyższa jakość sensoryczna w porównaniu z produktami smażonymi w tłuszczu palmowym. Oleina palmowa nadaje produktom woskowy posmak. Natomiast ilość powstających w procesie smażenia niepożądanych związków polarnych w olejach wysokooleinowych jest na podobnym poziomie jak w oleinie palmowej [12, 24].

Poprzez przeestryfikowanie olejów wysokooleinowych z tłuszczami bogatymi w kwas stearynowy otrzymuje się produkty o charakterze i budowie triacylogliceroli podobnych do TAG w tłuszczu kakaowym. Dominującym składnikiem TAG są KT: stearynowy i oleinowy [4, 13, 40]. Tak więc tłuszcze wysokooleinowe mogą być stosowane jako tłuszcze cukiernicze alternatywne w stosunku do masła kakaowego.

Wysokie ceny olejów z odmian wysokooleinowych i niedostatecznie duże uprawy powodują jednak, że tłuszcze te nie są powszechnie dostępne na rynku [24].

Podsumowanie

Oleje o dużej zawartości kwasu oleinowego (> 70 %), korzystnego ze względów żywieniowych, cechują się bardzo dobrymi właściwościami przechowalniczymi oraz odpornością na wysoką temperaturę. Dzięki temu mogą być szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu spożywczego, a także w gastronomii. Odmiany wysokooleinowe roślin konwencjonalnych rosnących w umiarkowanej strefie klimatycznej mogą być z powodzeniem wprowadzone do uprawy w Europie Środkowej. Ich zaletą jest to, że mogą być źródłem tłuszczu o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego bez ingerencji inżynierii genetycznej, która jest negatywnie oceniana przez społeczeństwa europejskie, a otrzymane rośliny potrafią zachować dziedziczność syntetyzowania dużej zawartości C18:1 9 *cis*. Obecnie obserwuje się wzrost zainteresowania tłuszczami wysokooleinowymi w przemyśle spożywczym ze względu na ich zalety.

Literatura

- [1] Abdulkarim S., Long K., Lai O., Muhammad S., Ghazli H.: Frying quality and stability of high-oleic *Moringa olifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chem.*, 2007, **105**, 1382-1389.
- [2] Achremowicz B.: GMO za i przeciw. Problemy z GMO. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2012, **10 (56)**, 2-5.

- [3] Ascherio A., Willett W.C.: Health effects of trans fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1997, **66** (4), 1006-1010.
- [4] Bootello M., Hartel R., Garcés R., Martínez-Force E., Salas J.: Evaluation of high oleic-high stearic sunflower hard stearins for cocoa butter equivalent formulation. *Food Chem.*, 2012, **134**, 1409-1417.
- [5] Cichosz G., Cieczot H.: Stabilność oksydacyjna tłuszczów jadalnych – konsekwencje zdrowotne. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011, **44** (1), 50-60.
- [6] DeBonte L., Iassonova D., Liu L., Loh W.: Commercialization of high oleic canola oils. *Lipid Technol.*, 2012, **24** (8), 175-177.
- [7] Dolinabiotechnologiczna.pl [online]. Dostęp w Internecie [20.03.2013.]: <http://dolinabiotechnologiczna.pl/nawosci/oleje-mikrobiologiczne-przyszlosc-czy-ekonomiczne-fiasko/>
- [8] Drozdowski B.: Lipidy. W: *Chemia żywności. Sacharydy, lipidy i białka*. Red. Sikorski Z., WNT, Warszawa 2007.
- [9] EFSA 2004: Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the presence of trans fatty acids in foods and the effect on human health of the consumption of trans fatty acids. *Eur. Food Safety Authority J.*, 2004, **81**, 1-49.
- [10] EFSA 2010: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J.*, 2010, **8** (3), 1461, 1-107.
- [11] Gawrysiak-Witulska M., Rudzińska M.: Wpływ zastosowanej metody suszenia oraz przechowywania na skład kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku. *Inżynieria Rolnicza*, 2007, **5** (93), 145-152.
- [12] Gertz Ch.: What happens in the fryer?. Warsztaty "Frittieren, Backen, Braten". 29-30 IX, Wiedeń, Austria, 2006.
- [13] Gitlesen T., Svensson I., Adlercreutz P., Mattiasson B., Nilsson J.: High-oleic-acid rapeseed oil as strating material for the production of confectionary fats via lipase-catalyzed transesterification. *Industrial Crops and Products*, 1995, **4**, 167-171.
- [14] Hamdan Y., Pérez-Vich B., Velasco L., Fernández-Martínez J.: Inheritance of high oleic acid content in safflower. *Euphytica*, 2009, **168**, 61-69.
- [15] Huang G., Chen F., Wei D., Zhang X., Chen G.: Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy*, 2010, **87**, 38-46.
- [16] Jackowska I., Tys J.: Factors modifying fatty acid composition in rapeseed (cultivar, harvest time). *EJPAU*, 2006, **9**, 4.
- [17] Jie Z., Xu F., Xiao-Ling Z., Yan L., Hai-Peng X., Bao-Feng Z., Lei C., Xiao-Dong Z.: Microbial lipid production by the oleaginous yeast *Cryptococcus curvatus* 03 grown in fed-batch culture. *Biomass and Bioenergy*, 2011, **35**, 1906-1911.
- [18] Jurga R.: GMO za i przeciw. Wybrane doniesienia z procesu legislacyjnego GMO w Polsce. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2012, **3**, 10-12.
- [19] Keys A.: Seven countries. A multivariate analysis of death and coronary hearth disease – Harvard University Press. Cambridge, M.A., 1980.
- [20] Kotecki A., Malarz W., Kozak M., Aniołowski K.: Wpływ nawożenia azotem na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku jarego. *Rośliny Oleiste*, 2001, **22**, 81- 89.
- [21] Krasucki W., Tys J., Szafran K., Rybacki R., Orlicki Ł.: Wpływ różnych temperatur suszenia nasion rzepaku na ich skład chemiczny. *Rośliny Oleiste*, 2002, **23**, 427-438.
- [22] Kristott J.: High-oleic oils – how good are they for frying? *Lipid Technol.*, 2003, **3**, 29-32.
- [23] Lin J., Shen H., Tan H., Zhao X., Wu S., Hu C., Zhao Z.: Lipid production by *Lipomyces starkeyi* cells in glucose solution without auxiliary nutrients. *J. Biotechnol.*, 2011, **152**, 184-188.
- [24] Matthäus B.: Use of palm oil for frying in comparison with other high-stability oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2007, **109**, 400-409.

- [25] Matthäus B., Haase N., Unbehend G.: Chemical and sensory characteristics of products fried in high-oleic, low-linoleic rapeseed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2009, **86**, 799-808.
- [26] Meng X., Yang J., Xu X., Zhang L., Nie Q., Xian M.: Biodiesel production from oleaginous micro-organisms. *Renew Energy*, 2009, **34**, 1-5.
- [27] Mikołajczak K., Bartkowiak-Broda I.: Markery DNA w hodowli jakościowej rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) w aspekcie modyfikacji zawartości kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste*, 2003, **24**, 33-48.
- [28] Oleic acid. [online]. Dostęp w Internecie [20.03.2013]: http://carbonconnections.bscs.org/media/images/content/unit02/oleic_acid.png
- [29] Orlikowska T., Wiejcha K., Marasek A.: Identyfikacja roślin mieszańców oddalonych – przegląd metod. *Biuletyn IHAR*, 2001, **220**, 3-21.
- [30] Petukhov I., Malcolmson L., Przybylski R., Armstrong L.: Frying performance of genetically modified canola oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1999, **76**, 627-632.
- [31] Pham A., Lee J., Shannon G., Bilyeu K.: Mutant alleles of FAD2-1A and FAD2-1B combine to produce soybeans with the high oleic acid seed oil trait. *BCM Plant Biology*, 2010, **10** (195), www.biomedcentral.com/1471-2229/10/195
- [32] Piętka T., Krótka K., Krzymański J.: Możliwość modyfikowania składu kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego poprzez selekcję populacji linii wsobnych. *Rośliny Oleiste*, 2003, **24**, 327- 341.
- [33] Płuciennik E., Kita A.: Porównanie właściwości mieszaniny oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym podczas smażenia. *Post. Nauki i Technol. Przem. Rol.-Spoż.*, 2012, **67**, 1, 5-17.
- [34] Pokorny J., Sakurai H.: Nowe oleje roślinne o zmodyfikowanym składzie i specjalnym przeznaczeniu. *Przem. Spoż.*, 2000, **11**, 50-51.
- [35] Riveros C., Mestrallet M., Nepote V., Grosso N.: Chemical composition and sensory analysis of peanut pastes elaborated with high-oleic and regular peanuts from Argentina. *Grasas Y Aceites*, 2009, **60** (4), 388-395.
- [36] Roman O., Heyd B., Broyart B., Castillo R., Maillard M.: Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2013, **30**, 1-11.
- [37] Rosiak E., 2004, *Produkcja roślin oleistych*. [online]. Dostęp w Internecie [24.03.2013]: http://www.agro-info.org.pl/files/?id_plik=274.
- [39] Sakurai H., Pokorný J.: The development and application of novel vegetable oils tailor-made for specific human dietary needs. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2003, **105**, 769-778.
- [40] Salas J., Bootello M., Martínez-Force E., Garcés R.: Production of sterine-rich butters by solvent fractionation of high stearic-high oleic sunflower oil. *Food Chem.*, 2011, **124**, 450-58.
- [41] Schierholt A., Becker H.: Environmental variability and heritability of high oleic acid content in winter oilseed rape. *Plant Breeding*, 2001, **120**, 63-66.
- [42] Simopoulos A.: Trans fatty acids. *Handbook of lipids in Human nutrition*. Ed. Spiller G., CRC Press Inc., Los Altos, USA, 1996.
- [43] Škorić D., Jocić S., Sakač Z., Lečić N.: Genetic possibilities for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Canadian J. Physiology Pharmacol.*, 2008, **86**, 215-21.
- [44] Słowianek M.: Metody wykrywania i oznaczania GMO. Cz. 1. Techniki molekularne – analiza DNA. *Przem. Spoż.*, 2012, **66** (8-9), 64-66.
- [45] Smith S., King R., Min D.: Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chem.*, 2007, **102**, 1208-1213.
- [46] Spasibionek S.: Cechy mutantów rzepaku ozimego o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste*, 2004, **25**, 383-402.

- [47] Spasibionek S., Krótka K.: Badania nad dziedziczeniem zawartości kwasów tłuszczowych C:18 w oleju z nasion mutantów rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). *Rośliny Oleiste*, 2011, **32**, 195-210.
- [48] Stender S., Dyerberg J., Bysted A., Leth A., Astrup A.: A *trans* world journey. *Atherosclerosis* 2006, **7** (2) Suppl., 47-52.
- [49] Warner K., Knowlton S.: Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1997, **74** (10), 1317-1322.
- [50] Warner K., Orr P., Glynn M.: Effect of fatty acid composition of oils and flavor and stability of fried foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1997, **74** (4), 347-356.
- [51] Wynn J., Ratledge C.: Oils from Microorganisms, Bailey's Industrial Oil and Fat products. Ed. 6. Red. Bailey A., 2005, pp. 121-153.
- [52] Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J.: Tłuszcze pożywienia i lipidy ustrojowe. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1991.
- [53] Żbikowska A.: Formation and properties of trans fatty acids – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2010, **60** (2), 107-114.
- [54] Żbikowska A., Kowalska M.: Możliwości ograniczenia ilości izomerów trans w procesie uwodornienia. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2012, **22** (1), 78-82.
- [55] Żbikowska A., Rutkowska J.: Skład kwasów tłuszczowych a jakość i przydatność technologiczna tłuszczów do pieczenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **4** (59), 86-91.

SOURCE, METHODS OF OBTAINING AND OXIDATIVE STABILITY OF HIGH-OLEIC FATS

S u m m a r y

One of the most important feature of vegetable oils is high content of unsaturated fatty acids (UFAs). UFAs are characterized by low oxidative stability in high temperature as well as during long storage time. However, fats with high content of oleic acid (belonging to monoeic fatty acids) are more resistant to oxidative processes, and moreover, oleic acid can efficiently reduce the level of cholesterol in blood serum. Because of that, so called, high-oleic fats can be applicable in many areas of food industry, as well as in gastronomy. In particular, they are employed in food production, where such fats replace other commonly used fats that contain dietary unfavorable saturated or trans-isomer fatty acids. High-oleic variants of oily plants as rapeseed, sunflower or soya bean are obtained using different techniques of genetic engineering (mutation, crossing, etc), but in European Union, cultivation of plants developed by genetic engineering is prohibited.

Key words: high-oleic fats, oleic acid, oxidative stability, GMO, crossing ☒

ANNA MICHALSKA, GRZEGORZ ŁYSIAK

PRZYDATNOŚĆ DO SUSZENIA OWOCÓW ŚLIW UPRAWIANYCH W POLSCE W ASPEKcie PRZEMIAN ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH I TWORZĄCYCH SIĘ PRODUKTÓW REAKCJI MAILLARDA

Streszczenie

Śliwki należą w Polsce do bardzo popularnych owoców. Są bogatym źródłem związków polifenolowych oraz wyróżniają się wysoką pojemnością przeciwutleniającą. Sezonowa podaż śliwek determinuje ich przetwarzanie. To z kolei wpływa na zmiany jakościowe i ilościowe występujących w nich składników. Suszenie śliwek powoduje zmniejszenie zawartości związków polifenolowych przy jednoczesnym wzroście ich pojemności przeciwutleniającej. Odpowiedzialne za to są produkty reakcji Maillarda i/lub karmelizacji powstające podczas obróbki termicznej. Związki te wykazują zarówno pozytywny, jak i negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Wiedza dotycząca zmian w składzie chemicznym śliwek, zachodzących podczas procesów przetwórczych, pozwoliłaby na opracowanie odpowiednich metod suszenia owoców. Jest to o tyle uzasadnione, że owoce śliw uprawianych w Polsce wyróżniają się dużą zawartością ekstraktu i suchej masy. Niestety, ich wykorzystanie przez przemysł krajowy jest małe. Poznanie przemian wywołanych procesami przetwórczymi mogłoby prowadzić do wzrostu konkurencyjności otrzymanych suszonych produktów śliwkowych na polskim rynku.

Słowa kluczowe: przetwórstwo śliwek, polifenole, produkty reakcji Maillarda, karmelizacja

Wprowadzenie

Spośród popularnych owoców produkowanych w Polsce na szczególną uwagę zasługują śliwki, które są bogatym źródłem związków fenolowych oraz charakteryzują się dużą pojemnością przeciwutleniającą, przewyższając pod tym względem np. jabłka [18, 44].

Dr A. Michalska, Oddział Nauk o Żywności, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, ul. Tuwima 10, 10-748 Olsztyn; dr inż. Grzegorz Łysiak, Katedra Sadownictwa, Wydz. Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań. Kontakt: a.michalska@pan.olsztyn.pl

Śliwy należą do liczącego ponad 200 gatunków rodzaju *Prunus sp.* L. [40]. Ze względu na rejon pochodzenia oraz gatunki, które posłużyły do ich wyhodowania, wszystkie odmiany uprawne śliw dzieli się na trzy grupy: amerykańskie, wschodnie (japońskie) i europejskie [51]. Śliwy amerykańskie uprawiane są często z uwagi na wysoką odporność na mróz i tolerancyjność na wiele chorób (np. brunatną zgniliznę). Większe znaczenie gospodarcze na świecie mają śliwy wschodnie, choć w Polsce nie są one popularne ze względu na wczesne kwitnienie wiosną, silny wzrost oraz wrażliwość na niskie temperatury zimą [12]. Najliczniejszą i najpowszechniej uprawianą jest poliploidalna śliwa domowa, nazywana w literaturze anglojęzycznej śliwą europejską (*Prunus domestica* L.) [12, 51]. Gatunek ten nie występuje w stanie dzikim. Na podstawie badań cytologicznych dowiedziono, że powstał on w wyniku samoistnego skrzyżowania się dwóch występujących w Europie dzikich gatunków śliw – tarniny (*Prunus spinosa* L.) oraz ałyczy (*Prunus cerasifera* L.) [38]. Ojczyzną śliwy domowej jest prawdopodobnie Kaukaz lub Azja Mniejsza, a uprawa wyselekcjonowanych jej odmian w Europie rozpoczęła się co najmniej 2000 lat temu [51]. Według danych FAO, średnia produkcja śliwek w latach 2009 - 2011 wyniosła ponad 11 mln ton i wykazuje tendencję wzrostową [10]. Największym producentem śliwek są Chiny, które wytwarzają około połowy światowych zbiorów tych owoców. Kolejno znajdują się: Rumunia, Serbia, USA – po ok. 500 tys. ton i Chile – 295 tys. ton. Spośród krajów UE największymi producentami, po Rumunii, są Francja, Hiszpania i Włochy – po ok. 200 tys. ton, a Polska zajmuje 17. miejsce na świecie (99 tys. ton). Ze względu na wymagania klimatyczne uprawa śliw w Polsce ogranicza się do rejonów: podkarpackiego, podsudeckiego, nadwiślańskiego, zachodniego i nadbałtyckiego [32].

Głównym celem produkcji śliwek w wielu krajach (głównie bałkańskich) jest produkcja śliwowicy, jednak ten rodzaj zagospodarowania ma wyraźną tendencję malejącą [13]. W Polsce i w Europie Zachodniej produkcja śliwowicy ma znaczenie marginalne, a najważniejszym kierunkiem produkcji są owoce deserowe spożywane w stanie świeżym. Śliwki przeznaczone do konsumpcji bezpośredniej powinny cechować się dość dużym rozmiarem (wyjątkiem jest 'Węgierka Zwykła'), zdrowotnością, równomiernym wybarwieniem oraz charakterystycznym woskowym nalotem [22].

W Polsce śliwki stanowią ważny surowiec do przetwórstwa [14], po jabłkach i wiśniach [35]. Najczęściej produkuje się z nich mrożonki, kompoty, marynaty, dżemy, marmolady, powidła oraz owoce suszone. Sporadycznie używane są także jako składnik soków, nektarów oraz win [14]. Owoce stosowane w przetwórstwie powinny charakteryzować się wyrównanym kształtem i wielkością oraz odpowiednią jędrnością i dojrzałością. Ważnymi cechami są również łatwość odchodzenia miąższu od pestki oraz żółta barwa miąższu. Owoce wykorzystywane do produkcji suszu oraz zagęszczonych soków powinny wyróżniać się dużą zawartością ekstraktu oraz suchej masy. W Polsce produkcja suszonych śliwek pozostaje na niezmienionym poziomie od co

najmniej 10 lat, mimo wzrostu produkcji suszonych jabłek czy wiśni [37]. Import suszonych śliwek jest dużo większy niż produkcja krajowa. Jest to zaskakujące, gdyż śliwki produkowane w Polsce wyróżnia duża zawartość suchej masy, co jest warunkiem uzyskania wysokiej jakości produktu końcowego. Suszenie śliwek w naszym kraju jest procesem długotrwałym i odbywa się zazwyczaj w małych zakładach wykorzystujących specjalne murowane suszarki (metoda szydlowska, dymowa). Brak jest natomiast szczegółowych informacji dotyczących suszenia śliwek na skalę przemysłową.

Opracowanie technologii suszenia uwzględniającej skrócenie czasu procesu pozwoli na zwiększenie zainteresowania tym rodzajem przetwórstwa. Wpłynie również na wydłużenie okresu podaży śliwek i ich dostępności na polskim rynku. Ważne jest poznanie zmian składu chemicznego śliwek oraz przemian związków bioaktywnych podczas suszenia, determinujących jakość przetworów śliwkowych.

Celem pracy była charakterystyka śliwek pochodzących z upraw śliw w Polsce oraz przedstawienie zmian, jakie mogą zachodzić podczas ich przetwarzania, w aspekcie powstających produktów reakcji Maillarda, wpływających na jakość gotowego produktu.

Skład chemiczny śliwek z uwzględnieniem związków biorących udział w tworzeniu produktów reakcji Maillarda

Znajomość składu chemicznego śliwek, który determinuje kierunki przemian zachodzących podczas ich suszenia i wpływa na powstawanie związków będących produktami reakcji Maillarda (nieenzymatycznego brunatnienia) oraz karmelizacji jest niezbędna do uzyskania suszu o odpowiedniej jakości. Reakcje Maillarda zachodzą pomiędzy cukrami redukującymi a aminokwasami, peptydami lub białkami zawierającymi wolną grupę aminową, głównie pod wpływem procesów termicznych, a także długotrwałego przechowywania. W rezultacie powstaje grupa związków niewystępujących w surowcu. Z kolei karmelizacja to szereg reakcji zachodzących w wysokiej temperaturze pomiędzy cukrami [19]. Na powstawanie produktów reakcji Maillarda i karmelizacji wpływają: czas, temperatura, aktywność wody, pH i stężenie substratów [1]. Powstające związki są odpowiedzialne za smak, zapach i atrakcyjność produktów [24].

Śliwki zawierają średnio od 70 do 90 % wody [41, 47]. Średnia zawartość suchej masy wynosi ok. 16 % [21, 27, 49, 50], przy czym najwięcej (20,7 %) oznaczono jej w owocach odmiany 'Węgierka Zwykła'. Zawartość ekstraktu w owocach odmian uprawianych w Stanach Zjednoczonych waha się od 9,9 do 14,3 % [42] i jest mniejsza niż w odmianach krajowych ($12,0 \div 20,4$ %) [48].

Zawartość cukrów w śliwkach sięga 30 % ś.m., przy czym waha się od 6 do 29 % ś.m. i zależy od odmiany, warunków uprawy, jak i czasu zbiorów owoców [43, 52]. W śliwkach uprawianych w Polsce oznaczono ich 13,5 % ś.m. [50]. Skład cukrów

tworzą głównie: glukoza, fruktoza, sacharoza i sorbitol. Ich średni udział w puli cukrów wynosi odpowiednio [%]: 31, 18, 23 i 28 [43]. Skład ten może się różnić w zależności od dojrzałości owoców – w niedojrzałych śliwkach niemal nie występuje sacharoza, jest natomiast obecna w zebranych owocach [15]. Stacewicz-Sapuntzakis i wsp. [41] podają, że odmiany śliwek przeznaczone do suszenia zawierają zazwyczaj więcej cukrów ogółem niż śliwki przeznaczone do bezpośredniej konsumpcji. Suszenie powoduje zagęszczenie cukrów w owocach, ale oprócz zwiększenia ich zawartości w porównaniu ze świeżymi owocami, obserwuje się zmiany w ich proporcjach. Średnia zawartość cukrów w suszonych śliwkach waha się od 26,8 do 51,4 %, przy czym ta różnica może wynikać z nieokreślonej zawartości wody w badanych owocach. W suszonych śliwkach (otrzymanych z owoców o tym samym stopniu dojrzałości) stwierdzono bardzo małe ilości sacharozy w porównaniu z owocami niepoddanymi obróbce termicznej. Zaobserwowano również zmniejszenie zawartości glukozy i fruktozy, co wskazuje na udział tych cukrów w reakcjach Maillarda i/lub karmelizacji [19, 52]. Należy zwrócić uwagę na obecność sorbitolu, który nie wchodzi w reakcje nieenzymatycznego brunatnienia, zwłaszcza ze związkami zawierającymi azot, ze względu na brak grupy karbonylowej [41].

Zawartość białek w śliwkach kształtuje się na poziomie $0,4 \div 0,8$ % [47]. Zawierają one stosunkowo mało wolnych aminokwasów (średnio 0,18 %) w porównaniu z innymi owocami. Według Moutounet i Jouret [26] około 80 % puli wolnych aminokwasów stanowi asparagina, która jest głównym aminokwasem wchodzącym w reakcje Maillarda [33]. Oprócz asparaginy, w śliwkach stwierdzono także obecność: kwasu asparaginowego, alaniny, waniliny oraz kwasu γ -aminomasłowego. Wykazano, że procesy przetwórcze nie powodowały zmian w składzie jakościowym aminokwasów, ale nastąpiło zmniejszenie ich zawartości o ok. 20 %. Największe zmiany dotyczyły asparaginy. Wykazano, że suszenie powodowało 90-procentowy ubytek tego aminokwasu w stosunku do jego zawartości w produkcie wyjściowym, przy jednoczesnym wzroście zawartości kwasu asparaginowego [26]. Aminokwas ten prawdopodobnie powstaje podczas hydrolizy asparaginy na drodze nieenzymatycznego brunatnienia.

Procesy przetwórcze (zarówno wysoko- jak i niskotemperaturowe) mogą znacznie modyfikować podstawowy skład surowca, wpływając na jakość produktów finalnych [5]. Zwłaszcza ważne jest połączenie stanu wiedzy dotyczącego produkcji śliwek (w tym dobór odmian, warunki uprawy, zabiegi agrotechniczne, technika zbioru i technologia przechowywania owoców po zbiorach) z analizą zmian zawartości związków bioaktywnych zachodzących podczas przetwarzania owoców.

Naturalne związki bioaktywne śliwek i ich jakościowe oraz ilościowe zmiany spowodowane suszeniem

Śliwki charakteryzują się dużą zawartością związków bioaktywnych, głównie związków fenolowych. Najwięcej jest ich w skórce – ponad 5-krotnie więcej niż w miąższu [11, 30, 31]. Zawartość związków polifenolowych ogółem w śliwkach waha się od 138,1 do 684,5 mg kwasu galusowego (GAE)/100 g ś.m. [7]. W odmianach uprawianych w Polsce zawartość fenoli ogółem wynosi $160 \div 300$ mg GAE/100 g ś.m. [21] oraz $167 \div 672$ mg/100 g w przeliczeniu na kwas chlorogenowy [48]. Spośród związków fenolowych dominującą grupę stanowią kwasy fenolowe, w tym kwas neochlorogenowy, który charakteryzuje się dużym potencjałem antyoksydacyjnym [8], oraz kwas chlorogenowy i kryptochlorogenowy, występujące odpowiednio w mniejszych ilościach. Zawartość antocyjanów, odpowiedzialnych głównie za barwę owoców, waha się od 18 do 170 mg/100 g s.m. [21, 31, 41], przy czym w odmianach produkowanych w Polsce ich zawartość jest mniejsza ($18 \div 33$ mg/100 g s.m.) [21]. Z kolei Walkowiak-Tomczak [46] podaje, że zawartość antocyjanów ogółem w odmianach krajowych waha się od 38,2 do 73,4 mg/100 g s.m. i jest zależna od stosunku masy skórki do masy miąższu. Głównymi antocyjanami występującymi w śliwkach są: 3-glukozydy i rutynozydy cyjanidyny, peonidyny oraz pochodne peonidyny [7, 42]. Flawanole obecne w śliwkach reprezentowane są głównie przez katechinę i epikatechinę, jak również przez proantocyjanidyny [42]. Śliwki są także źródłem witamin: A, E i C [29, 41].

Obróbka termiczna śliwek powoduje zmiany jakościowe i ilościowe związków bioaktywnych. Donovan i wsp. [9] podają, że suszenie śliwek w warunkach przemysłowych przyczynia się do utraty około 50 % zawartości flawonoli oraz kwasów fenolowych należących do grupy hydroksycynamonowych. Piga i wsp. [27] wykazali, w zależności od odmiany śliwek, straty fenoli ogółem na poziomie $40 \div 46$ % w przypadku owoców suszonych w temp. 60 °C i $31 \div 38$ % – suszonych w temp. 85 °C. Stwierdzono, że w owocach suszonych dominującym kwasem fenolowym był także kwas neochlorogenowy, przy czym Cechovska i wsp. [6] oraz Kayano i wsp. [17] dowiedli zmniejszenia jego zawartości o ok. 1/3 po 16 h suszenia. Potwierdzono również degradację antocyjanów zachodzącą podczas suszenia śliwek [27]. Autorzy odnotowali drastyczny ubytek tych związków w owocach poddanych suszeniu. Dodatkowo zaobserwowano straty kwasu askorbinowego w śliwkach suszonych w temp. 85 °C [23].

Śliwki suszone charakteryzują się dużym potencjałem przeciwutleniającym, przewyższając pod tym względem wiele innych gatunków owoców, m.in. jabłka, winogrona czy borówki czernice [4, 16, 17, 20]. Po suszeniu, w przeciwieństwie do obserwowanego ubytku związków bioaktywnych, stwierdzono wzrost pojemności przeciwutleniającej. Suszenie w temp. 60 °C powodowało wzrost pojemności antyoksydacyjnej aż o 60 % w porównaniu ze śliwkami świeżymi, a suszenie w temp.

85 °C wpływało na zwiększenie pojemności przeciwutleniającej z 90 do 250 %, w zależności od odmiany śliwek użytych do badań [27]. Podobną zależność zaobserwowali Cechovska i wsp. [6], wskazując na wzrost pojemności przeciwutleniającej mierzonej metodą elektrochemiczną podczas zwiększania temperatury suszenia śliwek. Według autorów wzrost ten związany był z powstawaniem 2,3-dihydro-3,5-dihydro-6-metylo-(4*H*)-piran-4-onu (DDMP) podczas suszenia śliwek (90 °C). Piga i wsp. [27] sugerują wpływ powstających podczas suszenia produktów reakcji Maillarda na większą pojemność przeciwutleniającą śliwek suszonych.

Produkty reakcji Maillarda w śliwkach suszonych

Według Price'a i wsp. [28] momentem krytycznym podczas suszenia śliwek jest temperatura 60 ÷ 70 °C. Wzrost temp. powyżej 70 °C powoduje niemal natychmiastowe rozerwanie struktury woskowej warstwy zewnętrznej i powstanie w niej pęknięć przyczyniających się do zwiększenia przepuszczalności skórki, skutkując szybkim uwolnieniem wody w części zewnętrznej. To indukuje z kolei biochemiczną kaskadę następujących po sobie reakcji nieenzymatycznego brunatnienia. Z uwagi na skład chemiczny świeżych owoców, a zwłaszcza na występujące cukry i przeważającą ilościowo asparaginę, spośród wolnych aminokwasów, suszenie prowadzi do formowania się nowych związków niewystępujących w świeżych owocach. Dzieje się to na skutek zachodzących reakcji Maillarda (i/lub karmelizacji), których schemat wraz z charakterystyką poszczególnych etapów został opisany przez Michalską i Zielińskiego [24]. W suszonych śliwkach stwierdzono obecność produktów przegrupowania Amadori (PPA). Spośród suszonych owoców (figi, śliwki, morele, daktyle), w śliwkach stwierdzono największą zawartość tych pochodnych, głównie 2-furoilometyloaminokwasów, czyli pochodnych alaniny, lizyny oraz kwasu γ -aminomasłowego [39]. Autorzy dodają, że ich obecność w produktach suszonych związana jest także z długotrwałym przechowywaniem. Powstawanie produktów przegrupowania Amadori w produktach spożywczych powinno być monitorowane, gdyż badania prowadzone nad PPA wskazują ich udział w występowaniu stanów chorobowych, np. miażdżycy, zwłaszcza u osób chorych na cukrzycę [45].

Procesy suszenia prowadzą głównie do powstawania zaawansowanych produktów reakcji Maillarda. W śliwkach suszonych w temp. 60 ÷ 85 °C wykazano obecność hydroksymetylofurfuralu (HMF) [27], powstającego w procesie 1,2-enolizacji w środowisku o pH kwaśnym [23]. Obecność tego związku na poziomie 22 ÷ 29 mg/100 g suszonych śliwek potwierdziły również badania Donovan i wsp. [9]. Kolejnym związkiem powstającym podczas suszenia jest akryloamid. Jego obecność w śliwkach suszonych oraz w produktach spożywczych zawierających ich dodatek, dostępnych na rynku kanadyjskim, z przeznaczeniem dla dzieci (33 ÷ 265 ng/g produktu) oraz dla dorosłych (58 ÷ 916 ng/g produktu) została potwierdzona przez Becalskiego i wsp. [3].

Zaobserwowane różnice ściśle zależały od zastosowanych procesów przetwórczych, jak i od wyjściowego składu chemicznego surowca. Tworzenie się akryloamidu związane jest głównie z występowaniem relatywnie dużych ilości asparaginy w świeżych owocach. Uważa się, że punktem krytycznym powstawania akryloamidu jest temp. powyżej 100 °C. Becalski i wsp. [3] podają, że pomimo zastosowania temp. poniżej 100 °C, powstające znaczne ilości akryloamidu były związane z wydłużonym czasem suszenia. Zwiększoną zawartość akryloamidu, w stosunku do jego zawartości w śliwkach suszonych, stwierdzono również w soku otrzymanym na ich bazie. Związane jest to najprawdopodobniej z jego ekstrakcją do środowiska wodnego (soku) oraz z obecnością hydroksyaldehydów, które poprzez łatwiejsze, w porównaniu z heksozami, wchodzenie w reakcje Maillarda wspomagają jego tworzenie [25]. Warto podkreślić, że zawartość zarówno HMF, jak i akryloamidu w produktach spożywczych powinna być jak najmniejsza, ze względu na ich toksyczność. Związki te znajdują się na liście „prawdopodobnych kancerogenów”, stworzonej przez International Agency for Research on Cancer [2].

Podsumowanie

Śliwki, zarówno świeże jak i suszone, są wykorzystywane od dawna w polskiej kuchni. Obecnie większość produktów suszonych pochodzi z importu, ponieważ sam proces suszenia nie jest zbyt opłacalny w naszym kraju. Jest to niezrozumiałe, gdyż śliwki stanowią ważny surowiec dla przemysłu przetwórczego, zajmując 3. miejsce pod względem całkowitej produkcji owoców w Polsce. Wykorzystanie do suszenia przemysłowego odmian wyprodukowanych w polskich warunkach klimatyczno-glebowych wydaje się być uzasadnione głównie ze względu na wyróżniające je parametry oceny jakości przetwórczej, czyli dużą zawartość ekstraktu i suchej masy. Parametry te mogą decydować również o kierunkach ich dalszego wykorzystania w przetwórstwie i są wskaźnikami jakości konsumpcyjnej [36]. Poznanie przemian zachodzących pomiędzy podstawowymi składnikami tych owoców, które prowadzą do powstawania produktów reakcji Maillarda podczas suszenia oraz zmian zawartości związków bioaktywnych wpłynie na atrakcyjność i zdrowotność suszonych śliwek. W literaturze mało jest informacji dotyczących przemian zachodzących podczas suszenia śliwek pochodzących z odmian powszechnie uprawianych w Polsce. Ich poznanie mogłoby przyczynić się do zwiększenia udziału krajowych owoców w tym rodzaju przetwórstwa, wpływając na wzrost konkurencyjności produktów na rynku polskim.

Praca finansowana ze środków projektu REFRESH „Odblokowywanie potencjału Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności dla wzmocnienia integracji z Europejską Przestrzenią Badawczą i rozwoju regionu”. 7. Program Ramowy UE-Potencjał Badawczy-Możliwości-FP7-REGPOT-2010-1-264103.

Literatura

- [1] Ajandauz E. H., Desseaux V., Tazi S., Puigserver A.: Effects of temperature and pH on the kinetics of caramelisation, protein cross-linking and Maillard reactions in aqueous model systems. *Food Chem.*, 2008, **107**, 1244-1252.
- [2] Anese M., Manzocco L., Calligaris S., Nicoli M.C.: Industrially applicable strategies for mitigating acrylamide, furan and 5-hydroxymethylfurfural in food. *J. Agric. Food Chem.*, 2013, DOI: 10.1021/jf305085r.
- [3] Becalski A., Brady B., Feng S., Gauthier B.R., Zhao T.: Formation of acrylamide at temperatures lower than 100 °C: the case study of prunes and a model study. *Food Add. Cont.*, 2011, **28** (6), 726-730.
- [4] Bennett L.E., Jegasothy H., Konczak I., Frank D., Sudharmarajan S., Clingeffer P.R.: Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *J. Funct. Foods*, 2011, **3**, 115-124.
- [5] Bhutani V.P., Joshi V.V.: Plum. In: *Handbook of fruit science and technology. Production, composition, storage and processing*. Ed. D.K. Salunkhe, S.S. Kadam. M. Dekker, New York 1995.
- [6] Cechovska L., Cejpek K., Konecny M., Velisek J.: On the role of 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-(4H)-pyran-4-one in antioxidant capacity of prunes. *Eur. Food Res. Technol.*, 2011, **233**, 367-376.
- [7] Chun O.K., Kim D.-O., Moon H.Y., Kang H.G., Lee Ch.Y.: Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51**, 7240-7245.
- [8] Chun O.K., Kim D.-O.: Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Res. Int.*, 2004, **37**, 337-342.
- [9] Donovan J.L., Meyer A.S., Waterhouse A.L.: Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46**, 1247-1252.
- [10] FAOSTAT Database. Crop production. World List. [online]. Food Agric. Org. (FAO) Dostęp w Internecie [15.05.2013]: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>
- [11] Gil M.I., Tomas-Barberan F.A., Hess-Pierce B., Kader A.A.: Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarines, peach, and plum cultivars from California. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50**, 4976-4982.
- [12] Grzyb Z.S., Rozpara E.: *Nowoczesna uprawa śliw*. Hortpress sp. z o.o, Warszawa 2000.
- [13] Hartmann W.: *Rozwój uprawy nowych odmian. W: Modernizacja produkcji i sprzedaży śliwek*. Red. E. Makosz. Wyd. AR w Lublinie, Lublin 1995, ss. 44-63.
- [14] Jarczyk A., Płocharski W.: *Technologia produktów owocowych i warzywnych. Tom 1*. Wyd. WSzEH im. Prof. S.A. Pieniążka w Skierniewicach, Skierniewice 2010.
- [15] Jouret C., Maugenet J., Mesnier Y.: Maturation of plums d'Ente: chemical composition and changes in fruits. *Industr. Alim. Agr.*, 1969, **86**, 795-799.
- [16] Karakaya S., El S.N., Tas A.A.: Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2001, **52**, 501-508.
- [17] Kayano S., Kikuzaki H., Fukutsaka N., Mitani T., Nakatani N.: Antioxidant activity of prune (*Prunus domestica* L.) constituents and a new synergist. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50**, 3708-3712.
- [18] Kim D.-O., Jeong S.W., Lee Ch. Y.: Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.*, 2003, **81**, 321-326.
- [19] Kroh L.W.: Caramelisation in food and beverages. *Food Chem.*, 1996, **51** (4), 373-379.
- [20] Leong L.P., Shui G.: An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.*, 2002, **76**, 69-75.
- [21] Łoś J., Wilska-Jeszka J., Pawlak M.: Polyphenolic compounds of plums (*Prunus domestica*). *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2000, **9/50**, 35-38.

- [22] Łysiak G.: Ocena wartości produkcyjnej nowych odmian śliw. PTPN, Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. 2005, **98/99**, 319-325.
- [23] Madrau M.A., Sanguinetti A.M., del Caro A., Fadda C., Piga A.: Contribution of melanoidins to the antioxidant activity of prunes. *J. Food Qual.*, 2010, **33**, 155-170.
- [24] Michalska A., Zieliński H.: Produkty reakcji Maillarda w żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **2 (51)**, 5-16.
- [25] Mills C., Mottram D.S., Wedzicha B.L.: Acrylamide. In: *Process-induced food toxicants. Occurrence, formation, mitigation and food risk*. Ed. R.H.Stadler, D.R. Lineback. Hoboken (NJ): Wiley, pp. 23-50, 2009.
- [26] Moutounet M., Jouret C.: Amino acids of plum d'Ente and prune d'Agen. *Fruits*, 1975, **30**, 345-348.
- [27] Piga A., Del Caro A., Corda G.: From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51 (12)**, 3675-3681.
- [28] Price W.E., Sabarez H.T., Storey R., Back P.J.: Role of the waxy skin layer in the moisture loss during dehydration of prunes. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 4193-4198.
- [29] Proteggente A.R., Pannala A.S., Paganga G., van Buren L., Wagner E., Wiseman S., van de Put F., Dacombe C., Rice-Evans C.A.: The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Rad. Res.*, 2002, **36**, 217-233.
- [30] Raynal J., Moutounet M., Souquet J.M.: Intervention of phenolic compounds in plum technology. I. Changes during drying. *J. Agric. Food Chem.*, 1989, **37**, 1046-1050.
- [31] Raynal J., Moutounet M.: Intervention of phenolic compounds in plum technology. II. Mechanism of anthocyanins degradation. *J. Agric. Food Chem.*, 1989, **37**, 1051-1053.
- [32] Rejman A. (Red): *Pomologia. PWRiL*, Warszawa 1994.
- [33] Robert F., Vuataz G., Pollien P., Saucy F., Alonso M.-I., Bauwens I., Blank I.: Acrylamide formation from asparagine under low-moisture Maillard reaction conditions. I. Physical and chemical aspects in crystalline model systems. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52 (22)**, 6837-6842.
- [34] *Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2011*. GUS. Warszawa 2011.
- [35] *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. GUS. 2012. [On line]. Dostęp w Internecie [25.10.2013]: http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/RL_wynikowy_szac_prod_glow_ziemnioplod_roln_i_ogrod_2012.pdf
- [36] Rybczyński R., Dobrzański B.: Produkcja śliwek, wymagania i ocena jakości. W: *Właściwości fizyczne surowców roślinnych*. Red. B. Dobrzański (Jr), R. Rybczyński, Wyd. Nauk. FRNA, Lublin 2009, ss. 225-236.
- [37] *Rynek Owoców i Warzyw. Stan i perspektywy. Analizy Rynkowe*. Inst. Ekon. Rol. i Gosp. Żyw. PIB, 2012, ss. 3-12.
- [38] Salesses G.: Some information on the plum cytogenetics and the origin of *Prunus domestica*. *Acta Hort. (ISHS)*, 1975, **48**, 59-66.
- [39] Sanz M.L., del Castillo M.D., Corzo N., Olano A.: Formation of Amadori compounds in dehydrated fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 5228-5231.
- [40] Sękowski B.: *Pomologia systematyczna* Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1993.
- [41] Stacewicz-Sapuntzakis M., Bowen P.E., Hussain E.A., Damayanti-Wood B.I., Farnsworth N.R.: Chemical composition and potential health effects of prunes: a functional food? *Crit. Rev. Food Sci.*, 2001, **41**, 251-286.
- [42] Tomas-Barberan F., Gil M.I., Cremin P., Waterhouse A.L., Hess-Pierce B., Kader A.A.: HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches and plums. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 4748-4760.
- [43] Van Gorsel H., Li C., Kerbel E.L., Smits M., Kader A.A.: Compositional characterization of prune juice. *J. Agric. Food Chem.*, 1992, **40**, 784-789.

- [44] Wang H., Cao G., Prior R.L.: Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 701-705.
- [45] Wang Z., Jiang Y., Liu N., Liu N., Zhu Y., An Y., Chen D.: Advanced glycation end-product Nε-carboxymethyl-Lysine accelerates progression of atherosclerotic calcification in diabetes. *Atherosclerosis*, 2012, **221** (2), 387-396.
- [46] Walkowiak-Tomczak D., Biegańska-Marecik R., Reguła J.: Aktywność przeciwutleniająca wybranych odmian śliwek (*Prunus domestica*) uprawianych w kraju. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6** (55), 109-115.
- [47] Walkowiak-Tomczak D.: Characteristics of plums as a raw material with valuable nutritive and dietary properties – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, **58** (4), 401-405.
- [48] Walkowiak-Tomczak D.: Wpływ stopnia dojrzałości na parametry fizyczno-chemiczne i zawartość związków polifenolowych wybranych odmianach śliwek (*Prunus domestica*). *Nauka, Przyr., Technol.*, 2009, **3/4**, 1-9.
- [49] Walkowiak-Tomczak D.: Wpływ metody odwadniania śliwek (*Prunus domestica* 'Valor') na zawartość polifenoli i zdolność przeciwutleniającą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2010, **552**, 237-246.
- [50] Walkowiak-Tomczak D.: Determination of chemical composition of plums during pre-treatment and drying. *Ecol. Chem. Eng S.*, 2012, **19** (1), 89-96.
- [51] Westwood M.N.: *Temperate Zone Pomology*. Timber Press, Inc. Ed. 3. Portland 1993.
- [52] Wilford L.G., Sabarez H., Price W.E.: Kinetics of carbohydrate change during dehydration of d'Agen prunes. *Food Chem.*, 1997, **59**, 149-155.

APPLICABILITY OF PLUMS GROWN IN POLAND TO DRYING PROCESS IN TERMS OF CHANGES IN BIOACTIVE COMPOUNDS AND OF MAILLARD REACTION PRODUCTS BEING FORMED

S u m m a r y

Plums are very popular fruits in Poland. They are a rich source of phenolic compounds and stand out for their high antioxidant capacity. Seasonality of supply of plums determines the processing of plums. This, in turn, impacts qualitative and quantitative changes in the compounds contained in plums. The process of drying plums causes the content of phenolic compounds to decrease and, simultaneously, the antioxidant capacity of those fruits to increase. Products of the Maillard reaction and/or of the caramelization that are formed during the thermal processing account for those changes. Those products show both the positive and the negative effects on human health. When having the knowledge of changes in the chemical composition of plums that occur during processing operations of plums, it would be possible to develop appropriate fruit drying methods. Another good reason for doing so is that the plum fruits cultivated in Poland are characterized by a high content of extract and dry matter. Unfortunately, they are rarely used by the local industry. The identification of changes induced by processing operations could help dried plum products produced become more competitive on the Polish market.

Key words: processing of plums, polyphenols, Maillard reaction products, caramelization ☒

DOROTA NAŁĘCZ, JUSTYNA PAGUR, IWONA SZERSZUNOWICZ

ANALIZA *IN SILICO* ALERGENNYCH BIAŁEK ORZECHA ZIEMNEGO (*ARACHIS HYPOGAEA* L.), GŁÓWNIIE ARA H 9, W PROGNOZOWANIU EPITOPÓW SUROWCÓW ROŚLINNYCH REAGUJĄCYCH KRZYŻOWO

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

W pracy przeprowadzono analizę *in silico* w celu oceny reaktywności krzyżowej białek orzecha ziemnego (*Arachis hypogaea* L.), ze szczególnym uwzględnieniem białka Ara h 9 – markera reaktywności krzyżowej w odniesieniu do białek owoców. Określono możliwość występowania reakcji krzyżowych między różnymi białkami orzecha ziemnego, jak również między białkami orzecha ziemnego a białkami innych alergenów pokarmowych, w tym powszechnie znanych alergenów soi, soczewicy, pomidora, orzecha laskowego, jabłoni zwyczajnej i brzoskwini oraz m.in. chińskiego liczi i daktylowca. Podobieństwo sekwencji epitopów białek orzecha ziemnego na poziomie > 80 %, oceniane na podstawie komputerowych baz danych: UniProtKB i BIOPEP oraz programu EVALLER, stwierdzono głównie w stosunku do epitopów soi, pomidora, orzecha laskowego, jabłoni i brzoskwini.

Słowa kluczowe: alergenne białka orzecha ziemnego, epitopy, reaktywność krzyżowa, algorytm DFLAP, EVALLER, BIOPEP

Wprowadzenie

Alergia pokarmowa to nieprawidłowa reakcja układu immunologicznego, która występuje u osób wrażliwych na niektóre składniki obecne w żywności (np. białka) [5, 10, 14]. Reakcje alergiczne wywołane przez białka orzecha ziemnego dotyczą ok. $0,5 \div 0,7$ % populacji ogółem [22, 23]. Około $7 \div 10$ % wszystkich białek orzecha ziemnego uznano za substancje o charakterze alergennym [17]. Obecnie sklasyfikowano 13 alergenów orzecha ziemnego, określonych od Ara h 1 do Ara h 13 (wg listy alergenów opublikowanej przez Podkomitet ds. Nazewnictwa Alergenów Międzynarodowej Unii

Dr inż. D. Nałęcz, mgr J. Pagur, dr inż. I. Szerszunowicz, Katedra Biochemii Żywności, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Pl. Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn. Kontakt: dota@uwm.edu.pl

Towarzystw Immunologicznych (ang. *Allergen Nomenclature Sub-committee of the International Union of Immunological Societies*) [9, 11, 18, 26].

Ara h 9 należy do grupy białek alergennych orzecha ziemnego, powodujących silne reakcje alergiczne. To białko transportujące lipidy (ang. *Lipid Transfer Protein*) o masie cząsteczkowej $9,8 \cdot 10^3$ Da i pI 9,45, występujące w 2 izoformach Ara h 9.0101 i Ara h 9.0201. Ze względu na podobieństwo sekwencji aminokwasowej Ara h 9 orzecha ziemnego do sekwencji aminokwasowych innych alergenów obecnych w owocach, głównie z rodziny różowatych (*Rosaceae*), np. alergenu jabłoni Mal d 3 oraz alergenu brzoskwini Pru p 3, istnieje możliwość wystąpienia wysokiej reaktywności krzyżowej między tymi białkami. Ara h 9 uznano za marker reaktywności krzyżowej związanej z alergią na owoc brzoskwini oraz inne owoce wywodzące się z tej samej rodziny (jabłko, gruszkę, śliwkę itp.) [11, 12].

Alergia wywołana spożyciem białek orzecha ziemnego jest przykładem alergii IgE-zależnej i u niektórych osób może wywołać szok anafilaktyczny [8, 16, 21, 27]. W odpowiedź immunologiczną zaangażowane są limfocyty T i B. Limfocyty aktywowane antygenem przekształcają się w komórki Th1 i Th2. Aktywacja komórki Th2 prowadzi do uwalniania cytokin, które pobudzają limfocyty B do produkcji przeciwciał IgE przeciw specyficznemu antygenowi, prezentowanemu komórkom T. Przeciwciała IgE wiążą się z powierzchnią komórek tucznych i bazofili (granulocytów zasadochłonnych). Połączenie kilku przeciwciał z antygenem na komórce tucznej prowadzi w konsekwencji do degranulacji i uwalniania mediatorów odpowiedzialnych za wystąpienie alergii pokarmowej [24].

Dotychczasowe badania potwierdzają powstawanie reakcji krzyżowych między białkami orzecha ziemnego i innymi białkami roślin, zwłaszcza strączkowych (np. soi, soczewicy) oraz między epitopami białek orzechów różnych gatunków [1, 20, 22, 25]. Największe prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji krzyżowej istnieje między orzechem włoskim a laskowym oraz orzechem pekan [6]. Możliwość zachodzenia takich reakcji może wynikać bezpośrednio z podobieństwa sekwencji aminokwasowej i struktury trzeciorzędowej białek. Można wymienić wiele przykładów występowania reakcji krzyżowych. Reakcje krzyżowe zachodzące między białkami pyłków roślinnych (głównie pyłków brzozy, ambrozji i bylicy) a białkami orzecha ziemnego określane są jako tzw. zespół pyłkowo-pokarmowy – PFAS (ang. *Pollen-Food Allergy Syndrome*). Innym przykładem zespołu alergii może być syndrom lateksowo-owocowy – LFS (ang. *Latex-Fruit Syndrome*) [15, 16].

Identyfikacja potencjalnie alergennych białek jest niezbędna do bezpiecznego wprowadzania na rynek produktów spożywczych. Sekwencje aminokwasowe białek można analizować, wykorzystując różne bazy danych (np. UniProtKB) [4], bazy białek alergennych i ich epitopów (np. BIOPEP) [3] oraz programy komputerowe (np. EVALLER) [19] w celu oceny m.in. reaktywności krzyżowej białek [13, 14]. Odpo-

wiednio opracowane algorytmy i detektory komputerowe pozwalają wykrywać podobieństwo sekwencji aminokwasowych między epitopami jeszcze niezidentyfikowanych białek a epitopami znanych alergenów. Przewidywanie reaktywności krzyżowej białek za pomocą programu EVALLER i algorytmu DFLAP [19] polega na znalezieniu określonych fragmentów sekwencji białka, wykazujących podobieństwo do epitopów znanych alergenów. Ocena podobieństwa sekwencji epitopów alergenowych, mogących reagować krzyżowo, do epitopów znanych alergenów dokonywana jest poprzez porównanie badanej sekwencji aminokwasowej białka z sekwencjami białek alergenowych, znajdujących się w zasobach bazy programu EVALLER [19]. Dokładny opis zasady działania programu EVALLER na podstawie algorytmu DFLAP (ang. *Detection Based on Filtered Length-Adjusted Allergen Peptides*) przedstawiono w pracy Soeria-Atmadja i wsp. [24].

Celem pracy była ocena reaktywności krzyżowej białek orzecha ziemnego (*Arachis hypogaea* L.) w warunkach *in silico*. W pracy analizowano, czy w białkach orzecha ziemnego, a w szczególności w białku Ara h 9, występują sekwencje identyczne lub zbliżone do sekwencji aminokwasowych alergenów niektórych owoców lub warzyw. Sekwencje aminokwasowe epitopów IgE orzecha ziemnego porównano z epitopami innych alergenów pokarmowych przy użyciu programu EVALLER i algorytmu DFLAP [19].

Materiał i metody badań

Spośród 495 sekwencji aminokwasowych białek orzecha ziemnego (*Arachis hypogaea* L.), dostępnych i zapisanych w bazie UniProtKB w podstawowym, stosowanym w bioinformatyce, formacie FASTA [4], wybrano 58 sekwencji (w tym 7 sekwencji znajdujących się również w bazie BIOPEP [3, 4]). Były to wszystkie sekwencje białek zapasowych orzecha ziemnego, oleozyn, białek transportujących tłuszcze oraz profilin, które poddano analizie reaktywności krzyżowej.

Badania przeprowadzono w następujących etapach:

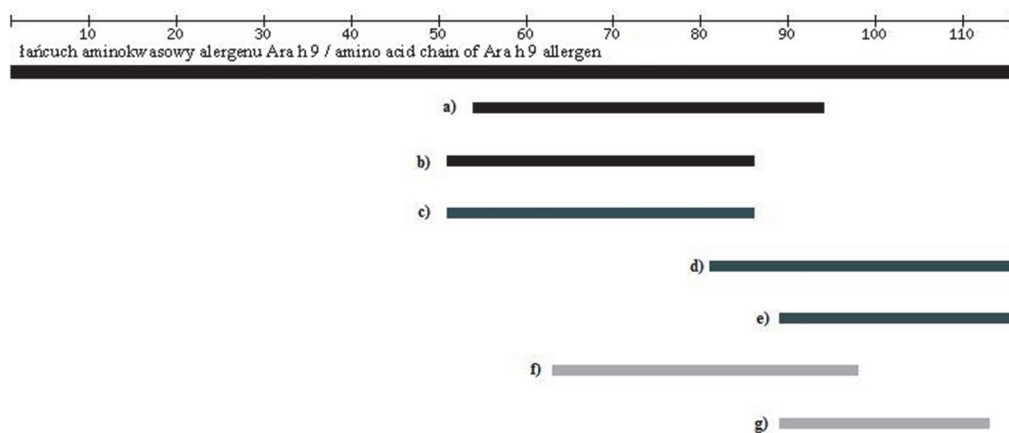
- kopiowanie wybranych sekwencji białka *Arachis hypogaea* L. z baz danych: UniProtKB i BIOPEP w formacie FASTA,
- analiza sekwencji białka w programie EVALLER [19], służącym do przewidywania reaktywności krzyżowej białek [24],
- znalezienie zestawu fragmentów sekwencji identycznych lub podobnych do dowolnych fragmentów sekwencji alergenów, występujących w bazie programu EVALLER.

Wyniki i dyskusja

Program EVALLER może służyć do przewidywania reakcji krzyżowych białek. Korzystając z programu (na podstawie algorytmu DFLAP) wyszukano w sekwencji

analizowanego białka fragmenty podobne do sekwencji epitopów występujących w innych, alergennych białkach żywności [2, 24]. Sekwencje aminokwasowe wybranego białka orzecha ziemnego (bazy UniProtKB i BIOPEP) wprowadzono w formacie FASTA do okna dialogowego programu EVALLER i zaznaczono maksymalną liczbę dopasowanych sekwencji (maksymalnie możliwa liczba dopasowań w programie wynosi 7). W ten sposób wyszukano 7 najbardziej podobnych sekwencji aminokwasowych w stosunku do badanej sekwencji białka. Na podstawie wyników analizy *in silico* uzyskano informację czy analizowane białko wykazuje reaktywność krzyżową wobec innych białek żywności oraz dane o lokalizacji potencjalnych epitopów w łańcuchu analizowanego białka.

Na rys. 1. przedstawiono graficznie schemat łańcucha polipeptydowego Ara h 9 (numer identyfikacyjny ID B6CEX8 w bazie UniProtKB) – markera reaktywności krzyżowej w odniesieniu do białek owoców, głównie z rodziny różowatych (*Rosaceae*) [11, 12] oraz lokalizację 7 epitopów innych alergenów pokarmowych (rys. 1), dopasowanych do fragmentów łańcucha Ara h 9 przy wykorzystaniu programu EVALLER [19].



Rys. 1. Graficzne przedstawienie lokalizacji epitopów Ara h 9 orzecha ziemnego (ID B6CEX8) oraz epitopów innych alergenów (niespecyficznych białek przenoszących lipidy), w łańcuchu alergenu Ara h 9: a) Zea m 14 z kukurydzy (ID P19656), b) Lyc e 1 z pomidora (ID CAJ19705), c) Hev b 12 z kauczukowca brazylijskiego (ID AAL25839), d) Lyc e 2 z pomidora (ID CAJ19706), e) Pru p 3 z brzoskwini (ID P81402), f) Cor a 8 z orzecha laskowego (ID AAK28533), g) Mal d 3 z jabłoni zwyczajnej (ID AAR22488) – dopasowanych w programie EVALLER [19].

Fig. 1. Graphic representation of locations of Ara h 9 epitopes of (ID B6CEX8) peanut and of epitopes of other allergens (non-specific lipid transfer proteins) in chain off Ara h 9 allergen: a) Zea m 14 of maize (ID P19656), b) Lyc e 1 of tomato (ID CAJ19705), c) Hev b 12 of *Hevea brasiliensis* (ID AAL25839), d) Lyc e 2 of tomato (ID CAJ19706), e) Pru p 3 of peach (ID P81402), f) Cor a 8 of hazelnut (ID AAK28533), g) Mal d 3 of common apple tree (ID AAR22488) – matched in the EVALLER software [19].

Tabela 1. Podobieństwo sekwencji epitopów białek pochodzących z surowców roślinnych do epitopów alergenu Ara h 9 orzecha ziemnego (ID B6CEX8)^a, dostępnych w bazie programu EVALLER [19].

Table 1. Similarity among sequences of protein epitopes derived from plants and epitopes of Ara h 9 peanut allergen (ID B6CEX8)^a available in EVALLER software database [19].

Nazwa białka / Name of protein		Sekwencja i lokalizacja epitopu w łańcuchu białka Sequence and localization of epitope in protein chain ^c		Podobieństwo sekwencji FASTA porównywanych białek Similarity of FASTA sequences of proteins under comparison	
znany alergen known allergen (ID) ^a	potencjalny alergen potential allergen (niespecy- ficzne białko przenoszące lipidy / non-specific lipid transfer prote- in) (ID) ^b	znany alergen known allergen	potencjalny alergen potential allergen	podobieństwo similarity [%]	współczynnik Smith- Watermana Smith- Waterman algorithm
Alergen Ara h 9 - niespecyficzne białko przenoszące lipidy Allergen Ara h 9 - non-specific lipid transfer protein (B6CEX8)	Zea m 14 z kukurydzy Zea m 14 of maize (P19656)	⁵⁴ GVRGLLGALRTTADRQA ACNCLKAAAGSLRGLNQG NAAAL ⁹³	¹ GVRSLNNAARTTADRRRAA CNCLKNAAAGVSGLNAGN AASI ⁴⁰	67,50	133
	Lyc e 1 z pomidora Lyc e 1 of tomato (CAJ19705)	⁵¹ CCSGVRGLLGALRTTADR QAACNCLKAAAGSLRGL ⁸⁵	⁶ CCDGVKGLLGQAKTTVDR QAAC ¹ TCLKSAASSFTGL ⁴⁰	85,60	131
	Hev b 12 z kauczukowca brazylijskiego Hev b 12 of <i>Hevea brasiliensis</i> (AAL25839)	⁵¹ CCSGVRGLLGALRTTADR QAACNCLKAAAGSLRGL ⁸⁵	³ CCNGVVRTINNAAKTTADR QTACQCLKSAAGSVKGL ³⁷	62,90	125

c.d. tab. 1

Alergen Ara h 9 - niespecyficzne białko przenoszące lipidy Allergen Ara h 9 - non-specific lipid transfer protein (B6CEX8)	Lyc e 2 z pomidora Lyc e 2 of tomato (CAJ19706)	⁸¹ SLRGLNQGNAAALPGRCG VSI ^a IPYKIS ^c TSTSTNCATIK ¹¹⁵	² SIKGIDTGKAAGLPGVCGV NIPYKIS ^b PSTDCSTVQ ³⁶	80,05	124
	Pru p 3 z brzoskwini Pru p 3 of peach (P81402)	⁸⁹ NAAALPGRCGVSI ^a IPYKIST ^c STSTNCATIK ¹¹⁵	² NAAALPGKCGVHIPYKISA STNCA ^b TVK ²⁸	85,20	124
	Cor a 8 z orzecha laskowego Cor a 8 of hazelnut (AAK28533)	⁶³ RTTADRQAACNCLKAAA GSLRGLNQGNAAALPGRG ^c ⁹⁷	² RTSDROSACNCLKDTAK GIAGLNP ^b NLAAGLPGKC ^c ³⁶	62,90	116
	Mal d 3 z jabłoni zwyczajnej Mal d 3 of common apple (AAR22488)	⁸⁹ NAAALPGRCGVSI ^a IPYKIST ^c STNCA ^b ¹¹²	¹ NAAALPGKCGVNV ^a IPYKIST ^c STNCA ^b ²⁴	83,33	114

Objaśnienia: / Explanatory notes:

^a - numer identyfikacyjny znanego alergenu w bazie danych UniProtKB [4] / identification number of known allergen in the UniProtKB database [4]; ^b - numer identyfikacyjny potencjalnego alergenu w bazie programu EVALLER / identification number of potential allergen in EVALLER software database; ^c - blokiem zaznaczono identyczne fragmenty 6-11-aminokwasowe sekwencji dopasowanych epitopów w łańcuchach potencjalnego i znanego alergenu /block denotes identical fragments of 6-11-amino acids of matched epitopes sequences in the chains of a potential and known allergen

W tab. 1. przedstawiono sekwencje aminokwasowe epitopów alergenu Ara h 9 oraz epitopów innych alergenów pokarmowych o podobnej sekwencji aminokwasowej. Dla porównywanych epitopów białek przedstawiono identyczne sekwencje 6 - 11-aminokwasowe oraz cechy podobieństwa sekwencji porównywanych epitopów, tj. podobieństwo sekwencji (wyrażone w %) i współczynniki Smith-Watermana (tab. 1).

Prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji krzyżowej jest bardzo wysokie wówczas, gdy podobieństwo sekwencji aminokwasowej białek wynosi minimum 70 %. Małe prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji krzyżowej obserwuje się przy podobieństwie sekwencji poniżej 50 % [16]. Oficjalnymi kryteriami bioinformatycznymi przyjętymi przez Światową Organizację Zdrowia (ang. *World Health Organization*) do identyfikacji białek jako alergenów, które mogą reagować krzyżowo z poznanymi wcześniej alergenami, są: podobieństwo wspólnego fragmentu zawierającego co najmniej 6 - 8 reszt aminokwasowych lub obecność podobnego fragmentu zawierającego co najmniej 80 reszt aminokwasowych (podobieństwo minimum 35 %) [7, 14]. Sekwencje aminokwasowe epitopów Ara h 9 były podobne do sekwencji epitopów alergenowych jabłoni, brzoskwini i pomidora (w ok. 80 - 85 %), kukurydzy (w ok. 68 %) oraz orzecha laskowego i kauczukowca brazylijskiego w ok. 63 % (tab. 1). Według Barrio i wsp. [2] białko może wykazywać właściwości alergenne, jeśli wartość współczynnika Smith-Watermana jest > 100 . Wartości współczynnika Smith-Watermana epitopów alergenu Ara h 9 wynosiły od 114 do 133 (tab. 1).

Fragmenty sekwencji 58 białek orzecha ziemnego zostały dopasowane automatycznie przez program do sekwencji 7 epitopów znanych alergenów pokarmowych (głównie owoców i warzyw), dostępnych w bazie programu EVALLER (razem $58 \times 7 = 406$ epitopów). Na podstawie dopasowanych fragmentów sekwencji białek orzecha ziemnego do epitopów innych alergenów pokarmowych można przypuszczać, że 58 analizowanych białek może wywoływać reakcje krzyżowe.

Uwzględniając strukturę pierwszorzędową epitopów białek orzecha ziemnego stwierdzono wzajemne podobieństwo 200 epitopów w grupie białek od Ara h 1 do Ara h 8 (z wyjątkiem Ara h 5). Podobieństwo sekwencji aminokwasowych epitopów, w tej grupie białek, wynosiło 70 - 100 %, a wartości współczynnika Smith-Watermana kształtowały się w przedziale od 113 do 466. Ponadto, sekwencje aminokwasowe epitopów alergenu Ara h 9 wykazały podobieństwo do 206 fragmentów peptydowych, pochodzących z innych źródeł, w tym: soi – 60, soczewicy – 35, pomidora – 20, orzecha laskowego – 20, jabłoni zwyczajnej – 18, gruszy pospolitej – 16, brzoskwini – 15, gryki – 5, chmielu japońskiego – 4, liczi chińskiego – 3, ambrozji bylicolistnej – 3, daktylowca – 3, kukurydzy – 2 oraz kauczukowca brazylijskiego – 2. Stopień podobieństwa sekwencji epitopów orzecha ziemnego wobec epitopów wymienionych alergenów pokarmowych, pochodzących z innych źródeł, wynosił od 45 % (epitopy gruszy pospolitej) do 98 % (epitopy soi). Podobieństwo sekwencji epitopów białek orzecha

ziemnego > 80 % stwierdzono w stosunku do epitopów glicyniny i konglicyniny soi (głównie wobec takich alergenów, jak: Ara h 1, Ara h 3 i Ara h 4), profiliny i białka przenoszącego lipidy (LTP) z pomidora (wobec Ara h 5 i Ara h 9), oleozyny orzecha laskowego (wobec Ara h 10 i Ara h 11), alergenu Mal d 3 jabłoni zwyczajnej (wobec Ara h 8 i Ara h 9) oraz brzoskwini (głównie wobec Ara h 9). Ponadto we wszystkich porównywanych sekwencjach epitopów obecne były fragmenty identyczne, co najmniej 6 - 8-aminokwasowe [7]. Wartości współczynnika Smith-Watermana znacznie przekroczyły 100, co oznacza, że analizowane białka stanowią potencjalne zagrożenie dla osób chorych na alergię pokarmową [2].

Na podstawie wyników analizy *in silico* można przypuszczać, że reakcje krzyżowe mogą występować między białkami orzecha ziemnego i roślin strączkowych, takich jak soja i soczewica [20]. Podczas korzystania z programu EVALLER istnieją ograniczenia co do liczby możliwych dopasowań sekwencji epitopów (program pozwala na maksymalnie 7 dopasowań dla danego białka), dlatego nie potwierdzono występowania reakcji krzyżowych między białkami orzecha ziemnego a białkami fasoli, grochu i ciecierzycy [20]. Przeprowadzona w pracy analiza *in silico* białka orzecha włoskiego w stosunku do białek orzecha ziemnego pozwoliła na potwierdzenie podobieństwa 91-aminokwasowych epitopów białka wicylino-podobnego orzecha włoskiego (Jug r 2) i konarachiny orzecha ziemnego (Ara h 1) na poziomie 40,66 % (wartość współczynnika Smith-Watermana = 200). Przedstawione wyniki badań dotyczą jedynie rozważań teoretycznych. Alergia pokarmowa stanowi ważny problem kliniczny. Dlatego też sięga się po nowe narzędzia badawcze i prowadzi badania *in silico* z wykorzystaniem narzędzi bioinformatycznych. Na podstawie informacji z badań klinicznych oraz wyników badań prowadzonych przy użyciu nowoczesnych metod analitycznych, w tym immunometrycznych, powstają lub uzupełniane są bazy danych zawierające informacje na temat epitopów alergennych, m.in. białek orzecha ziemnego. Są to tzw. epitopy eksperymentalne, czyli zidentyfikowane przy użyciu metod instrumentalnych (np. 2-DE, MALDI-MS).

Podsumowanie

Wykorzystując program EVALLER przeprowadzono analizę *in silico* białek orzecha ziemnego (*Arachis hypogaea* L), ze szczególnym uwzględnieniem Ara h 9, z jednoczesnym wskazaniem lokalizacji potencjalnych epitopów w łańcuchu danego białka. Program umożliwił analizę porównawczą epitopów alergennych orzecha ziemnego z epitopami innych alergenów pokarmowych. Na podstawie uzyskanych wyników analizy wybranych białek orzecha ziemnego uznano, że są to alergeny reagujące krzyżowo, głównie wobec białek owoców i warzyw, a sekwencje niektórych epitopów są zbliżone do sekwencji epitopów znajdujących się w bazie BIOPEP. Stwierdzono obecność fragmentów peptydowych o sekwencji aminokwasowej takiej samej jak se-

kwencja epitopów Ara h 9 lub zbliżonej do niej, występujących w zidentyfikowanych epitopach alergenów pokarmowych, takich jak: orzech ziemny, soja, soczewica, pomidor, orzech laskowy, jabłoń zwyczajna, brzoskwinia, grusza pospolita, gryka, chmiel japoński, liczi chińskie, ambrozja bylicolistna, daktylowiec, kukurydza i kauczukowiec brazylijski. Stopień podobieństwa sekwencji epitopów orzecha ziemnego do epitopów ww. alergenów żywności był zróżnicowany (od 45 do 100 %). Podobieństwo sekwencji epitopów białek orzecha ziemnego na poziomie > 80 % stwierdzono głównie w stosunku do epitopów alergenów pokarmowych: soi, pomidora, orzecha laskowego, jabłoni zwyczajnej i brzoskwini. Wyniki te wskazują na możliwość występowania reakcji krzyżowych białek orzecha ziemnego z wymienionymi białkami.

Niniejsza praca była finansowana w ramach tematu statutowego Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie nr 528-0712-809.

Literatura

- [1] Al-Ahmed N., Alsowaidi S., Vadas P.: Peanut allergy: an overview. *Allergy Asthma Clin. Immunol.*, 2008, **4** (4), 139-143.
- [2] Barrio M.A., Soeria-Atmadia D., Nistér A., Gustafsson M.G., Hammerling U., Bongcam-Rudolf E.: Evaler: a web server for *in silico* assessment of potential protein allergenicity. *Nucl. Acid Res.*, 2007, **35**, 694-700.
- [3] Baza danych BIOPEP. [online]. Dostęp w Internecie [5.06.2013]: <http://www.uwm.edu.pl/biochemia/>.
- [4] Baza danych UniProtKB. [online]. Dostęp w Internecie [4-6.06.2013]: <http://www.uniprot.org/>.
- [5] Conti L.: Niepożądane reakcje na produkty spożywcze. W: *Alergie i nietolerancje pokarmowe*. Wyd. Bellona, Warszawa 2007, ss. 10-14.
- [6] Goetz D.W., Whisman B.A., Goetz A.D.: Cross-reactivity among edible nuts: double immunodiffusion, crossed immunoelectrophoresis, and human specific IgE serologic surveys. *Ann. Allergy Asthma Immunol.*, 2005, **95** (1), 45-52.
- [7] Goodman R.E.: Practical and predictive bioinformatics methods for the identification of potentially cross-reactive protein matches. *Nutr. Food Res.*, 2006, **50**, 655-660.
- [8] Hałat Z.: Alergeny orzechów arachidowych w powietrzu pomieszczeń. [online]. Dostęp w Internecie [30.06.2013]: <http://www.halat.pl/arachidy.html>.
- [9] IUIS/WHO Allergen Nomenclature Home Page. [online]. Dostęp w Internecie [20.03.2014]: <http://www.allergen.org/>.
- [10] Jędrychowski L., Wróblewska B., Szymkiewicz A.: State of the art on food allergens – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, **58**, 165-175.
- [11] Krause S., Reese G., Randow S., Zennaro D., Quarantino D., Palazzo P., Ciardiello M.A., Petersen A., Becker W.M., Mari A.: Lipid transfer protein (Ara h 9) as a new peanut allergen relevant for a Mediterranean allergic population. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2009, **124** (4), 771-778.
- [12] Lauer I., Dueringer N., Pokoj S., Rehm S., Zoccatelli G., Reese G., Miguel-Moncin M.S., Cistero-Bahima A., Enrique E., Lidholm J., Vieths S., Scheurer S.: The non-specific lipid transfer protein, Ara h 9, is an important allergen in peanut. *Clin. Exp. Allergy*, 2009, **39**, 1427-1437.

- [13] Minkiewicz P., Dziuba J., Darewicz M., Bucholska J., Mogut D.: Evaluation of *in silico* prediction possibility of epitope sequences using experimental data concerning allergenic food proteins summarised in BIOPEP database. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2012, **62** (3), 151-157.
- [14] Minkiewicz P., Dziuba J., Gładkowska-Balewicz I.: Update of the list of allergenic proteins from milk, based on local amino acid sequence identity with known epitopes from bovine milk proteins - a short report. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2011, **61** (2), 153-158.
- [15] Mittag D., Akkerdaas J., Ballmer-Weber B.K., Vogel L., Wensing M., Becker W.M., Koppelman S.J., Knulst A.C., Helbling A., Hefle S.L., van Ree R., Vieths S.: Ara h 8, a Bet v 1-homologous allergen from peanut, is a major allergen in patients with combined birch pollen and peanut allergy. J. Allergy Clin. Immunol., 2004, **114** (6), 1410-1417.
- [16] Panaszek B.: Podstawy patomechanizmu zjawiska alergii krzyżowej. Alergia, 2010, **3**, 39-46.
- [17] Pele M.: Peanut allergens. Romanian Biotech. Letters, 2010, **15** (2), 5204-5212.
- [18] Pons L., Chery C., Romano A., Namour F., Artesani M.C., Guéant J.-L.: The 18 kDa peanut oleosin is a candidate allergen for IgE-mediated reactions to peanuts. Allergy, 2002, **57** (72), 88-93.
- [19] Program EVALLER. [online]. Dostęp w Internecie [03-29.09.2013]: <http://www.slv.se/engb/Group1/Food-Safety/e-Testing-of-protein-allergenicity/>.
- [20] Sicherer S.H.: Clinical implications of cross-reactive food allergens. J. Allergy Clin. Immunol., 2001, **108** (6), 881-888.
- [21] Sikorska E., Małolepszy J.: Alergia na orzeszki ziemne. Alerg. Asthma Immunol., 1996, **1** (3), 131-133.
- [22] Sikorski Z.E., Wróblewska B.: Alergeny w żywności. W: Chemia żywności, odżywcze i zdrowotne właściwości składników żywności. Red. Z.E. Sikorski i B. Wróblewska. WNT, Warszawa 2007, ss. 90-101.
- [23] Skolnick H.S., Conover-Walker M.K., Koerner C.B., Sampson H.A., Burks W., Wood R.A.: Food and drug reactions and anaphylaxis. The natural history of peanut allergy. J. Allergy Clin. Immunol., 2001, **107** (2), 367-374.
- [24] Soeria-Atmadja D., Lundell T., Gustafsson G., Hammerling U.: Computational detection of allergenic proteins attains a new level of accuracy with *in silico* variable-length peptide extraction and machine learning. Nucl. Acids Res., 2006, **34** (13), 3779-3793.
- [25] Szymkiewicz A., Chudzik-Kozłowska J.: Peanut allergenicity and cross-reactivity with pea proteins in the *in vivo* model. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2013, **63** (1), 35-42.
- [26] Wen H.W., Borejsza-Wysocki W., Decory T.R., Durst R.A.: Peanut allergy, peanut allergens, and methods for the detection of peanut contamination in food products. Comp. Rev. Food Sci. Food Safety, 2007, **6**, 47-58.
- [27] Wróblewska B., Szymkiewicz A., Jędrychowski L.: Wpływ procesów technologicznych na zmiany alergenności żywności. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **6** (55), 7-19.

IN SILICO ANALYSIS OF PEANUT (*ARACHIS HYPOGAEA* L.) ALLERGENIC PROTEINS, MAINLY OF ARA H 9, TO PREDICT EPITOPES IN CROSS-REACTING PLANTS

S u m m a r y

In the paper, an *in silico* analysis was performed for the purpose of assessing the cross-reactivity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) proteins, and special attention was paid to the Ara h 9 protein, a marker for cross-reactivity concerning fruit proteins. There were determined possible cross-reactions, which might occur among various proteins of peanut as well as among peanut proteins and other food allergen proteins including the commonly known proteins of soybean, lentil, tomato, hazelnut, common apple, and peach,

and, also, some other proteins such as, inter alia, Chinese lychee and date palm fruit. Using UniProtKB and BIOPEP databases as well as the EVALLER software database, the matching degree of peanut protein epitope sequences ($> 80\%$) was determined mainly against soybean, tomato, hazelnut, apple and peach epitopes.

Key words: peanut allergenic proteins, epitopes, cross-reactivity, DFLAP algorithm, EVALLER, BIOPEP 

PIOTR ZARZYCKI, MAŁGORZATA KASPRZAK, ZBIGNIEW RZEDZICKI,
ALDONA SOBOTA, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE KLEIKÓW Z MĄKI PSZENNEJ JAKO WSKAŹNIK OCENY JEJ WARTOŚCI WYPIEKOWEJ

Streszczenie

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy właściwościami reologicznymi kleików mąk pszen-nych a wybranymi cechami pieczywa otrzymanego w wyniku wypieku laboratoryjnego. Materiał do-świadczalny stanowiły mąki pszenne otrzymane w wyniku przemiału laboratoryjnego ziarna 6 wybranych odmian pszenicy. Pszenica była uprawiana przy zastosowaniu dwóch poziomów agrotechniki, różniących się stosowanym poziomem nawożenia azotowego i ochrony chemicznej. Ocena wartości technologicznej mąki obejmowała określenie: wyciągu mąki, zawartości popiołu, wilgotności, ilości i jakości glutenu oraz liczby opadania. Do określenia właściwości reologicznych 15-procentowych wodnych zawiesin mąk pszen-nych użyto lepkościomierza rotacyjnego Mettler Rheomat RM 180 o współosiowym układzie cylin-drów. Wypiek pieczywa wykonano metodą jednofazową. Uzyskane pieczywo ważono w celu obliczenia całkowitej straty piecowej i wydajności. Zmierzono także objętość pieczywa i oznaczono wilgotność miękiszu. Wykazano m.in. istotne zróżnicowanie ilości i jakości glutenu w badanych mąkach pszen-nych, jakkolwiek nie stwierdzono zależności pomiędzy zmianami tych cech a poziomem agrotechniki. Zwięk-szenie dawki nawożenia azotowego, w czasie uprawy pszenicy, spowodowało obniżenie wartości *break-down* (różnica pomiędzy lepkością maksymalną a minimalną gorących kleików) oraz wzrost wartości *setback* (różnica pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików) 15-procentowych wodnych kleików mąk pszen-nych. Stwierdzono także istotną ($p = 0,05$) dodatnią korelację pomiędzy liczbą opadania mąki a lepkością maksymalną 15-procentowych kleików mąk pszen-nych. Objętość otrzy-manego pieczywa była istotnie ($p = 0,05$) skorelowana z lepkością początkową i maksymalną 15-procentowych kleików mąk pszen-nych oraz wartością *setback*. Nie stwierdzono natomiast istotnych kore-lacji ($p = 0,05$) pomiędzy pozostałymi cechami pieczywa, tj. upiekiem, wydajnością pieczywa i wilgotno-ścią miękiszu a właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszen-nych.

Słowa kluczowe: zabiegi agrotechniczne, mąka pszenna, skrobia, lepkość pozorna, wartość wypiekowa

Dr inż. P. Zarzycki, dr inż. M. Kasprzak, prof. dr hab. Z. Rzedzicki, dr inż. A. Sobota, dr inż. E. Sykut-Domańska, Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin. Kontakt: piotr.zarzycki@up.lublin.pl

Wprowadzenie

Wartość wypiekowa mąki oceniana jest za pomocą metod pośrednich i bezpośrednich. W metodach pośrednich określa się skład chemiczny oraz cechy fizyczne mąki. Metody bezpośrednie polegają na próbnym wypieku laboratoryjnym i ocenie otrzymanego pieczywa. Z reguły pomiędzy wynikami jednej i drugiej oceny istnieją określone zależności. Wyniki niektórych badań wskazują jednak, że zależnie od rodzaju surowca nie zawsze możliwe jest określenie bezpośredniej zależności między tymi ocenami [16]. W ocenie cech fizycznych mąki znaczną rolę przypisuje się właściwościom reologicznym ciasta. Dominującym składnikiem mąki jest skrobia i należy oczekiwać, że będzie ona miała duży wpływ na zmiany właściwości reologicznych [23]. Jednym ze sposobów oceny właściwości reologicznych skrobi jest badanie zmian lepkości w czasie ogrzewania i chłodzenia wodnych kleików [6, 22]. Podstawowymi parametrami reologicznymi, które mogą zostać wyznaczone, są: lepkość początkowa (*initial viscosity*), maksymalna (*peak viscosity*), lepkość po osiągnięciu temperatury maksymalnej i po przetrzymaniu w tej temperaturze przez założony czas oraz lepkość końcowa (*final viscosity*). Określa się także różnicę pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików, tzw. *breakdown*, oraz różnicę pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików, tzw. *setback* [22]. Każdy z powyższych parametrów może wskazywać na inne właściwości skrobi [9, 22, 25]. Różnice w zachowaniu dyspersji skrobi, w szczególności zmiany lepkości w fazie ogrzewania i chłodzenia kleików, mogą wskazywać na potencjalne wykorzystanie danego surowca [6].

Celem przeprowadzonych badań było określenie zależności pomiędzy właściwościami reologicznymi kleików mąk pszennych a cechami pieczywa otrzymanego w wyniku wypieku laboratoryjnego. Wykazanie także wpływu dwóch poziomów agrotechniki w czasie uprawy wybranych odmian pszenicy na zmiany właściwości reologicznych wodnych kleików pszennych.

Material i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły mąki pszenne otrzymane w wyniku przemiału laboratoryjnego ziarna 6 odmian pszenicy ('Parabola', 'Alcazar', 'Profilus', 'Finezja', 'Monsun', 'Adagio'). Odmiany ziarna pszenicy pochodziły z Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), ze Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian Cicibór – Punkt Doświadczalny Czesławice (zbiory 2012). Odmiany te uprawiano przy zastosowaniu dwóch poziomów agrotechniki A1 (poziom agrotechniczny podstawowy) i A2 (poziom agrotechniczny zaawansowany). W poziomie A2 stosowano zwiększoną dawkę nawożenia azotowego o 40 kg/ha w stosunku do poziomu A1 oraz nawożenie dolistne preparatami wieloskładnikowymi. Dodatkowo poziom A2

charakteryzował się zwiększoną ochroną chemiczną, w której oprócz herbicydów i insektycydów zastosowano także fungicydy.

Mąki pszenne otrzymano w wyniku przemiału laboratoryjnego. Ziarno pszenicy przed przemiałem nawilżano do 15,5 %, kondycjonowano przez 24 h oraz dowilżano powierzchniowo bezpośrednio przed przemiałem. W pierwszym etapie ziarno przemielano w młynie śrutującym (młyn laboratoryjny 5-walcowy, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). Otrzymane kaszki po rozfrakcjonowaniu na kaszki grube i drobne wymielano w dwóch młynach wymielających, stosując walce gładkie o stopniowo zacieśnianej szczeliny roboczej do 100 µm (młyn walcowy Typ SK, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). W uzyskanej mące pszennej oznaczano wilgotność i zawartość związków mineralnych w postaci popiołu [1] oraz zawartość glutenu mokrego i jego cechy: wilgotność, rozplywalność i elastyczność [20], a także liczbę opadania mąki [21]. Liczbę glutenową obliczano z równania:

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

gdzie:

a - zawartość mokrego glutenu [%],

R - rozplywalność mokrego glutenu [mm].

Pomiary lepkości pozornej wykonywano, stosując 15-procentowe (m/m) zawiesiny mąk pszennych w wodzie destylowanej. Zawiesiny ogrzewano w łaźni wodnej wstrząsanej (Elpan typ 357, Polska, częstotliwość 200 obr./min, amplituda 3) od temp. 25 do 95 °C, przetrzymywano w temp. 95 °C przez 15 min, po czym chłodzono do 25 °C. W czasie ogrzewania i chłodzenia zachowano stały gradient temp.: 1 °C/min. Pomiary lepkości wykonywano po każdorazowej zmianie temperatury o 10 °C, określając lepkość początkową w temp. 25 °C, lepkość maksymalną w fazie ogrzewania (*peak viscosity*), lepkość w temp. 95 °C i po 15-minutowym przetrzymaniu w tej temperaturze oraz lepkość końcową po wychłodzeniu kleików do temp. 25 °C (*final viscosity*). Określano różnicę pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików (*breakdown*) oraz różnicę pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików (*setback*). Pomiary lepkości pozornej wykonywano przy użyciu reometru rotacyjnego (Mettler Rheomat RM 180, oprogramowanie RSI Orchestrator, wersja V6.5.8.), stosując jako system pomiarowy współosiowy układ cylindrów (średnice cylindrów: 32,54 mm i 30 mm). Stosowano stały gradient prędkości ścinania 1200 s⁻¹. Pomiary lepkości każdej próbki wykonywano w trzech powtórzeniach.

Ciasto pszenne wytwarzano metodą bezpośrednią według zmodyfikowanej metody Instytutu Piekarstwa (Berlin) [10]. Z mąki pszennej, drożdży (3 % w stosunku do masy mąki), soli (1,5 % w stosunku do masy mąki) oraz wody przygotowywano w mieszarce mechanicznej (mieszarka elektroniczna, typ ML-300, ZBPP Bydgoszcz,

Polska) ciasto o wydajności 160 %. Czas mieszenia – 10 min. Ciasto poddawano fermentacji trwającej 90 min w temp. 32 °C (piec laboratoryjny z komorą fermentacyjną, typ PL-10, PZUO Warma, Polska, wilgotność względna 75 - 80 %). Następnie ciasto dzielono na kęsy o masie 250 g i poddawano kolejnej fermentacji do uzyskania pełnej dojrzałości (ok. 50 min). Wypiek prowadzono w piecu laboratoryjnym (jak wyżej) w temp. 230 °C przez 30 min. Z każdej próby ciasta wypiekano 5 bochenków. Po wyjęciu z pieca pieczywo ważono i pozostawiano do wystygnięcia przez 24 h. Ocena obejmowała określenie wydajności pieczywa, upieku i wilgotności miększu [10] oraz oznaczenie objętości pieczywa [19] w przeliczaniu na 100 g mąki [10].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego SAS ver. 9.2. Obliczano wartości średnie, odchylenia standardowe oraz szacowano istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi (test Duncana, $p = 0,05$). Obliczano także współczynniki korelacji liniowej Pearsona ($p = 0,05$) pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych a cechami otrzymanego pieczywa. Zależności pomiędzy cechami otrzymanego pieczywa a właściwościami reologicznym dyspersji mąk pszennych obliczano na podstawie analizy regresji wielokrotnej. Modele dopasowywano metodą możliwych regresji, eliminowano modele, w których występowały zmienne niezależne o wysokim wzajemnym skorelowaniu. Kryterium wyboru konkretnego modelu była wartość współczynnika determinacji R^2 oraz R^2 skorygowany. Wybrane modele sprawdzono metodą regresji krokowej wstecznej, w celu uzyskania modelu zawierającego tylko zmienne niezależne istotne.

Wyniki i dyskusja

Wydajność mąki oraz zawartość popiołu (popiołowość) są podstawowymi wskaźnikami stosowanymi do oceny właściwości przemiałowych ziarna pszenicy. Wyciągi mąki uzyskanej z przemiału wybranych 6 odmian pszenicy wynosiły od 59 do 72 %, a ich popiołowość zawierała się w zakresie $0,446 \div 0,679$ % (tab. 1). Największy wyciąg mąki otrzymano z ziarna pszenicy odmiany ‘Finezja’ (A1), a najmniejszy – z ziarna pszenic odmiany ‘Profilus’ (A1) oraz ‘Monsun’ (A2). Średni wyciąg mąki z pszenic grupy A1 (64,2 %) był większy od średniego wyciągu mąki z pszenic grupy A2 (61,5 %), różnice te były jednak statystycznie nieistotne ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono także jednoznacznego wpływu zwiększonego nawożenia azotowego na popiołowość uzyskiwanych mąk.

Zwiększenie poziomu nawożenia azotowego może wpływać na zwiększenie zawartości białka ogólnego w ziarnie. Większej zawartości białka zwykle towarzyszy wzrost udziału frakcji glutenowych, jednak jakość glutenu może ulec obniżeniu [3]. W badaniach własnych zawartość glutenu mokrego wymytego z mąk pszennych była istotnie ($p \leq 0,05$) zróżnicowana i wynosiła od 19,39 do 31,23 %. Podobne zróżnico-

wanie wystąpiło w przypadku liczby glutenowej ($34,8 \div 50,62$) – tab. 1. Brak jest jednak prostej zależności pomiędzy poziomem agrotechniki a badanymi cechami. W przypadku czterech odmian ('Parabola', 'Finezja', 'Monsun', 'Adagio') większą zawartość glutenu mokrego i wartość liczby glutenowej zaobserwowano w mąkach otrzymanych z ziarna pszenic uprawianych na poziomie agrotechniki A2 (tab. 1). Największą zawartością glutenu oraz wartością liczby glutenowej wyróżniała się mąka otrzymana z pszenicy odmiany 'Finezja' (A2). Średnia zawartość glutenu mokrego w mąkach z ziarna pszenic grupy A2 (25,50 %) była większa od wartości tego parametru w mąkach z pszenic grupy A1 (24,17 %), jednak różnice te były statystycznie nieistotne ($p \leq 0,05$). Podobnie Knapowski i wsp. [13] nie wykazali wpływu dawki nawożenia azotowego na zawartość glutenu mokrego. W badaniach własnych nie stwierdzono także statystycznie istotnej ($p \leq 0,05$) różnicy pomiędzy średnią wartością liczby glutenowej mąk z pszenic grupy A1 i A2 (odpowiednio 40,36 i 42,70).

Aktywność amylolityczna mąki wyrażona liczbą opadania była zróżnicowana i kształtowała się od 144 do 432 s (tab. 1). Niskie wartości liczby opadania stwierdzone w mąkach z ziarna pszenicy 'Parabola' (A1), 'Alcazar' (A2), 'Profilus' (A2) i 'Parabola' (A2) świadczą o wysokiej ich aktywności amylolitycznej. Najwyższe wartości liczby opadania wystąpiły w mąkach z pszenic odmian 'Adagio' (A1) i 'Monsun' (A2). Średnia wartość liczby opadania mąk z pszenic grupy A1 wynosiła 263,5 s, natomiast mąk z pszenic grupy A2 – 270 s. Różnice były jednak statystycznie nieistotne ($p \leq 0,05$). Podobny brak wpływu dawki nawożenia azotowego na wartość liczby opadania mąki stwierdzili Knapowski i wsp. [13].

Mąka pszenna, przeznaczona do wypieku pieczywa, powinna charakteryzować się średnią aktywnością amylolityczną, najlepiej w zakresie 200 - 280 s [8]. Przy wysokiej aktywności amylolitycznej mąki otrzymane pieczywo może charakteryzować się nieelastycznym i lepkiem miękiszem oraz mocno zabarwioną i odstającą skórką [5]. Z drugiej strony zbyt niska aktywność amylolityczna mąki może prowadzić do otrzymania pieczywa o małej objętości, bladej skórcie oraz suchym i kruszącym się miękiszem [18].

Lepkość początkowa badanych kleików mąk pszennych zawierała się w przedziale $0,0074 \div 0,0127$ Pa·s (poziomy A1, A2) – tab. 2. Stwierdzono statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) zmniejszenie lepkości początkowej wodnych kleików mącznych z ziarna pszenic uprawianych w zaawansowanym poziomie agrotechniki (A2). Wzrost lepkości w czasie ogrzewania zawiesin mącznych jest spowodowany zwiększającą się zdolnością skrobi do absorpcji wody i pęcznienia oraz rozpoczynającym się procesem kleikowania [9]. Temperatura kleikowania badanych zawiesin pszennych mieściła się w zakresie $50 \div 60$ °C (rys. 1 i 2). Dalszy wzrost temperatury prowadził do wzrostu ich lepkości aż do osiągnięcia lepkości maksymalnej w fazie ogrzewania. Najwyższe wartości lepkości maksymalnej wykazały 15-procentowe wodne kleiki mączne z pszenic

Tabela 1. Charakterystyka mąk pszennych.
Table 1. Profile of wheat flours.

Wskaźnik Index	Odmiana pszenicy Wheat cultivars											
	Podstawowy poziom agrotechniki (A1) Basic level of agricultural technology (A1)						Zaawansowany poziom agrotechniki (A2) Advanced level of agricultural technology (A2)					
	Parabola A1	Alcazar A1	Profilus A1	Finezja A1	Monsun A1	Adagio A1	Parabola A2	Alcazar A2	Profilus A2	Finezja A2	Monsun A2	Adagio A2
Wyciąg mąki Flour yields [%]	61 ^{ef} ± 1	69 ^b ± 1	59 ^{gh} ± 1	72 ^a ± 2	62 ^{de} ± 1	63 ^{cd} ± 1	61 ^{ef} ± 2	63 ^{cd} ± 0	57 ^h ± 1	65 ^c ± 1	59 ^{fg} ± 1	64 ^{cd} ± 3
Wilgotność mąki Moisture of flour [%]	13,83 ^{cd} ± 0,11	12,46 ^f ± 0,08	13,61 ^d ± 0,27	13,14 ^e ± 0,03	13,16 ^e ± 0,76	14,16 ^c ± 0,2	14,21 ^c ± 0,06	14,73 ^b ± 0,07	15,23 ^a ± 0,06	15,33 ^a ± 0,14	14,72 ^b ± 0,07	15,02 ^{ab} ± 0,07
Zawartość popiołu Content of ash in flour [%]	0,639 ^b ± 0,001	0,483 ^h ± 0	0,566 ^c ± 0	0,531 ^d ± 0,002	0,504 ^g ± 0,001	0,524 ^e ± 0,001	0,679 ^a ± 0,001	0,483 ^h ± 0,001	0,459 ^j ± 0,001	0,461 ⁱ ± 0	0,511 ⁱ ± 0	0,446 ^k ± 0,003
Zawartość Content [%]	20,47 ^g ± 0,41	27,37 ^c ± 0,04	22,66 ^e ± 0,05	27,59 ^c ± 0,08	19,39 ^h ± 0,05	27,56 ^c ± 0,29	22,86 ^e ± 0,08	26,88 ^d ± 0,04	21,7 ^f ± 0,13	31,23 ^a ± 0,43	20,82 ^g ± 0,23	29,5 ^b ± 0,39
Wilgotność Moisture [%]	58,1 ^f ± 0,9	64,4 ^{bc} ± 1,2	61,1 ^{de} ± 1,8	61,4 ^d ± 1	63,4 ^c ± 0,3	64,6 ^{bc} ± 2	59,3 ^{ef} ± 0,5	65,9 ^{ab} ± 0,8	63,7 ^c ± 0,5	63,3 ^c ± 1,3	60,4 ^{de} ± 0,9	66,9 ^a ± 0,4
Rozpływalność Spreadability [mm]	2,8 ^f ± 0,3	5,3 ^c ± 0,6	4 ^d ± 0	5,3 ^c ± 0,3	3,2 ^{ef} ± 0,3	8,5 ^a ± 0	3,7 ^{de} ± 0,6	6,5 ^b ± 0,5	4 ^d ± 0	5,8 ^c ± 0,3	3,2 ^{ef} ± 0,3	5,8 ^c ± 0,3
Liczba glutenowa Gluten number [-]	37,18	45,24	39,42	45,61	34,80	39,90	40,27	42,41	37,75	50,62	37,35	47,81
Liczba opadania Falling number [s]	144 ± 1i	184 ^g ± 10	225 ^f ± 9	295 ^d ± 12	331 ^c ± 8	402 ^b ± 15	180 ^g ± 4	162 ^h ± 10	170 ^{gh} ± 8	277 ^e ± 3	432 ^a ± 5	398 ^b ± 13

Objaśnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values ± standard deviations; n = 3;

*lepkość po 15 min / viscosity after 15 min;

wartości średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie (p ≤ 0,05) / mean values in rows and denoted with the same letters do not differ statistically significantly (p ≤ 0.05).

Tabela 2. Lepkość pozorna 15-procentowych wodnych kleików mąk pszenicznych.
Table 2. Apparent viscosity of 15 % water slurries of wheat flours.

Lepkość pozorna Apparent viscosity [Pa·s]	Odmiana pszenicy / Wheat cultivars											
	Podstawowy poziom agrotechniki (A1) Basic level of agricultural technology (A1)						Zaawansowany poziom agrotechniki (A2) Advanced level of agricultural technology (A2)					
	Parabola A1	Alcazar A1	Profilus A1	Finezja A1	Monsun A1	Adagio A1	Parabola A2	Alcazar A2	Profilus A2	Finezja A2	Monsun A2	Adagio A2
Początkowa Initial	0,0115 ^b ± 0,0002	0,0111 ^c ± 0,0002	0,0127 ^a ± 0,0002	0,0087 ^f ± 0,0003	0,0089 ^f ± 0,0002	0,0108 ^d ± 0,0002	0,0087 ^f ± 0,0001	0,0089 ^f ± 0,0001	0,0102 ^e ± 0,0002	0,0076 ^h ± 0,0001	0,0074 ⁱ ± 0,0001	0,0079 ^g ± 0,0001
Maksymalna Peak viscosity	0,0151 ^h ± 0,0001	0,0181 ^f ± 0,0003	0,0234 ^d ± 0,0002	0,0228 ^e ± 0,0002	0,0365 ^c ± 0,0002	0,0433 ^b ± 0,0002	0,0115 ^j ± 0,0001	0,0137 ⁱ ± 0,0001	0,016 ^g ± 0,0001	0,0227 ^e ± 0,0005	0,0538 ^a ± 0,0007	0,0361 ^c ± 0,0005
W temp. 95 °C At t = 95 °C	0,0075 ^h ± 0,0003	0,0071 ^{hi} ± 0,0002	0,0093 ^g ± 0,0003	0,0142 ^e ± 0,0001	0,0254 ^d ± 0,0002	0,0344 ^b ± 0,0003	0,0067 ⁱ ± 0,0002	0,0059 ^j ± 0,0002	0,0069 ⁱ ± 0,0002	0,0119 ^f ± 0,0003	0,0518 ^a ± 0,0008	0,0275 ^c ± 0,0002
W temp. 95 °C * At t = 95 °C *	0,0077 ^h ± 0,0003	0,007 ^{ij} ± 0,0002	0,0096 ^g ± 0,0003	0,0144 ^e ± 0,0002	0,0256 ^d ± 0,0001	0,0329 ^b ± 0,0002	0,0068 ^j ± 0,0002	0,0064 ^k ± 0,0002	0,0072 ⁱ ± 0,0002	0,0122 ^f ± 0,0003	0,0626 ^a ± 0,0003	0,0283 ^c ± 0,0001
Końcowa Final	0,0138 ^h ± 0,0003	0,0175 ^g ± 0,0001	0,0188 ^f ± 0,0005	0,032 ^e ± 0,0004	0,0697 ^d ± 0,0006	0,0823 ^c ± 0,0007	0,0169 ^g ± 0,0003	0,0143 ^h ± 0,0002	0,0178 ^{fg} ± 0,0002	0,0327 ^e ± 0,0005	0,273 ^a ± 0,0026	0,0888 ^b ± 0,0007
Breakdown**	0,0076	0,0111	0,0141	0,0087	0,0111	0,0104	0,0048	0,0078	0,0092	0,0108	0,0019	0,0086
Setback***	0,0063	0,0105	0,0095	0,0179	0,0443	0,0494	0,0102	0,0083	0,0109	0,0208	0,2212	0,0613

Objaśnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values ± standard deviations; n = 3;

*lepkość po 15 min / viscosity after 15 min,

** – *breakdown*: różnica pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików / difference between peak viscosity and minimum viscosity;

*** – *setback*: różnica pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików / difference between final viscosity and minimum viscosity;

wartości średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in the rows and denoted with the same letters do not differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

odmian ‘Adagio’ i ‘Monsun’, niezależnie od poziomu agrotechniki (tab. 2). Wysoka wartość lepkości maksymalnej może wskazywać na dużą zdolność pęcznienia skrobi [6, 9, 22, 25]. Pod względem oceny właściwości reologicznych ważny jest także czas, po którym osiągnięta zostaje lepkość maksymalna. Dłuższy czas może oznaczać mniejszą szybkość absorpcji wody i pęcznienia skrobi [22]. Z badań własnych wynika, że najniższe wartości lepkości maksymalnej stwierdzono w przypadku 15-procentowych zawiesin mąk z ziarna pszenic odmian ‘Parabola’, ‘Alkazar’ i ‘Profilus’, uprawianych na poziomie agrotechniki A2 (tab. 2). Niskie wartości lepkości maksymalnej mogą wskazywać na depolimeryzację skrobi w wyniku działania enzymów amylolitycznych, co potwierdzają wartości liczby opadania mąk otrzymanych z ziarna tych pszenic (tab. 1).

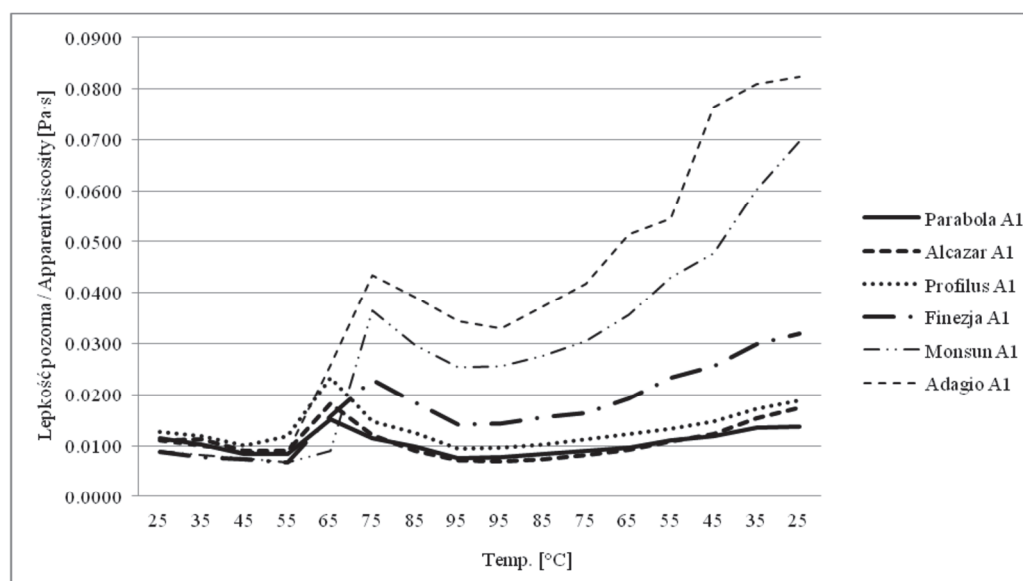
Singh i wsp. [25], Konopka i wsp. [14] oraz Blazek i Copeland [2] sugerują, że na lepkość maksymalną wpływ wywiera także stosunek amylozy do amylopektyny w skrobi. Skrobie o większej zawartości amylopektyny cechują się wyższą lepkością maksymalną, co przypisywane jest większej zdolności jej pęcznienia w wodzie w trakcie podgrzewania kleików [22, 24]. Odmienne wyniki przedstawiają Gupta i wsp. [9]. Wykazali oni dodatnią korelację pomiędzy maksymalną lepkością kleików skrobi jęczmiennej, pszennej, kukurydzianej i ryżowej a zawartością amylozy. Według Sahlströma i wsp. [23] oraz Yoo i Jane [28] istotny wpływ na lepkość maksymalną kleików ma dodatkowo zawartość kompleksów amylozowo-lipidowych – zwiększenie ich zawartości może być przyczyną obniżenia lepkości maksymalnej.

Przedstawione wyniki wskazują, że wzrost temperatury kleików mąk pszennych, po osiągnięciu lepkości maksymalnej, prowadził do zmniejszenia ich lepkości (rys. 1 i 2). Przypisywane jest to zrywaniu wiązań wodorowych w strukturach amylozy i amylopektyny [9, 22]. Ten etap, określany jako *breakdown*, pozwala na ocenę odporności skrobi na działanie wysokich temperatur i sił mechanicznych. We wszystkich badanych 15-procentowych wodnych kleikach mąk pszennych nastąpiło zmniejszenie lepkości pozornej wraz ze wzrostem temp. do 95 °C. Wartości *breakdown* badanych kleików mącznych zawierały się w przedziale $0,0019 \div 0,0141$ Pa·s. W większości badanych kleików nie stwierdzono natomiast istotnych ($p \leq 0,05$) zmian lepkości pozornej w trakcie ich przetrzymywania w temp. 95 °C przez 15 min (tab. 2).

W fazie chłodzenia kleików mąk pszennych od temp. 95 do 25 °C (lepkość końcowa) zaobserwowano istotny ($p \leq 0,05$) wzrost lepkości pozornej, wynikający z ponownej orientacji łańcuchów amylozy i powstawania struktury żelu (tab. 2). Faza ta, tzw. *setback*, jest wykorzystana do oceny zdolności skrobi do retrogradacji. Niska wartość *setback* wskazuje na małą zdolność skrobi do retrogradacji [22, 24]. Największe wartości zarówno lepkości końcowej, jak i *setback* dotyczyły kleików mąk z pszenic ‘Adagio’ (A2) i ‘Monsun’ (A2), najmniejsze – kleików mąk z pszenic odmian ‘Parabola’ (A1), ‘Alkazar’ (A2) i ‘Profilus’ (A1) (tab. 2). Dodatkowo dyspersje mąk z pszeni-

cy odmian ‘Adagio’ i ‘Monsun’ wykazywały największe różnice pomiędzy lepkością końcową a początkową (rys. 1 i 2).

Cechą wspólną większości badanych 15-procentowych wodnych kleików mąki pszennej było obniżenie wartości *breakdown* oraz wzrost wartości *setback* wraz ze zmianą poziomu agrotechniki z A1 na A2 w czasie uprawy pszenic. Wskazuje to na zwiększenie oporności skrobi na działanie wysokich temperatur i równocześnie sugeruje zwiększenie stopnia retrogradacji skrobi. Zarzycki i wsp. [29] wykazali także, że poziom agrotechniki może mieć wpływ na intensywność zmian właściwości reologicznych zachodzących w czasie przechowywania mąki.

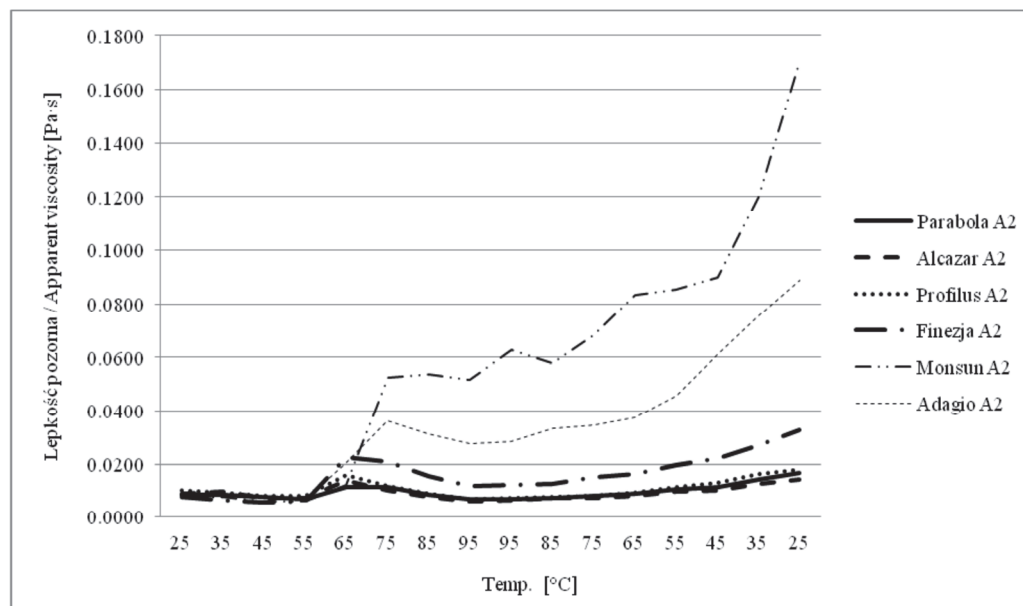


Rys. 1. Krzywe kleikowania 15-procentowych wodnych dyspersji mąk pszennych – podstawowy poziom agrotechniki (A1).

Fig 1. Pasting curves of 15 % water dispersions of wheat flours – basic level of agricultural technology (A1).

Analizę związków korelacyjnych pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych przedstawiono w tab. 3. Stwierdzono m.in. istotną ($p = 0,05$) korelację pomiędzy lepkością maksymalną a liczbą opadania ($r = 0,94$), co jest zgodne z wynikami badań innych autorów [17, 29, 30, 4]. Według Stępniewskiej [26] poziom aktywności enzymów amylolitycznych może być charakteryzowany zarówno liczbą opadania, jak i maksymalną lepkością kleików. Spostrzeżenie takie potwierdzono w niniejszej pracy. Odnotowano także wysoką korelację pomiędzy obliczoną wartością *setback* a lepkością końcową ($r = 0,99$) oraz *setback* a lepkością mierzoną w temp. 95 °C ($r = 0,95$). Ragae i Abdel [22] wykazali także

dodatnią korelację pomiędzy lepkością maksymalną kleików a wartością *breakdown*. Nie potwierdzono jednak takiej korelacji w niniejszej pracy (tab. 3).



Rys. 2. Krzywe kleikowania 15-procentowych wodnych dyspersji mąk pszennych – zaawansowany poziom agrotechniki (A2).

Fig 2. Pasting curves of 15 % water dispersions of wheat flours – advanced level of agricultural technology (A2).

Pieczywo pszenne otrzymane podczas wypieków laboratoryjnych cechowało się zróżnicowaną jakością (tab. 4). Wydajność pieczywa zawierała się w zakresie $134 \div 147$ %. Największą wydajnością cechowało się pieczywo z pszenic odmian ‘Profilus’ i ‘Alcazar’, uprawianych na poziomach agrotechniki odpowiednio: A1 i A2, najmniejszą zaś pieczywo z pszenicy odmiany ‘Alcazar’ – poziom agrotechniki A1. Upiek był istotnie ($p \leq 0,05$) zróżnicowany i kształtował się od 6,5 do 12,7 %. Objętość pieczywa w przeliczeniu na 100 g mąki wahała się od 371 do 586 cm³, a wilgotność miękiszu – od 43,3 do 46,5 % (tab. 4). Analiza uzyskanych wyników wskazuje na nieznacznie większą wydajność pieczywa oraz mniejszy upiek i objętość pieczywa w przypadku chleba otrzymanego z pszenic uprawianych na zaawansowanym poziomie agrotechniki (A2).

Tabela 3. Zestawienie współczynników korelacji Pearsona pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych.

Table 3. List of Pearson coefficients of correlations among rheological properties of 15 % water slurries of wheat flours.

Wskaźnik Index		Liczba opadania Falling number [s]	Lepkość pozorna / Apparent viscosity					
			początkowa initial	maksymalna peak viscosity	w temp. 95 °C at t = 95 °C	w temp. 95 °C** at t = 95 °C**	końcowa final	breakdown
Lepkość pozorna Apparent viscosity	początkowa initial	-0,46	-	-	-	-	-	-
	maksymalna peak viscosity	0,94*	-0,32	-	-	-	-	-
	w temp. 95 °C at t = 95 °C	0,92*	-0,41	0,98*	-	-	-	-
	w temp. 95 °C ** at t = 95 °C **	0,87*	-0,44	0,95*	0,99*	-	-	-
	końcowa final	0,77*	-0,48	0,87*	0,94*	0,98*	-	-
Breakdown***		-0,17	0,58*	-0,21	-0,41	-0,47	-0,59*	-
Setback****		0,73*	-0,48	0,84*	0,91*	0,95*	0,99*	-0,62*

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* współczynnik korelacji statystycznie istotny na poziomie $p = 0,05$ / statistically significant correlation coefficient $p = 0.05$;

** – lepkość po 15 min / viscosity after 15 min;

*** – *breakdown*: różnica pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików / difference between peak viscosity and minimum viscosity of hot slurries;**** – *setback*: różnica pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików / difference between final viscosity and minimum viscosity of hot slurries.

Wykazano statystycznie istotną ($p = 0,05$) ujemną korelację pomiędzy liczbą opadania a objętością pieczywa oraz lepkością maksymalną a objętością pieczywa (tab. 5). Wskazuje to na istotny wpływ aktywności amylolitycznej na objętość pieczywa, co stanowi potwierdzenie wyników badań wcześniejszych [5, 18, 26]. Wartości współczynników korelacji pomiędzy właściwościami reologicznymi kleików mąk pszennych (lepkość maksymalna, końcowa, *setback*) a objętością pieczywa (tab. 5) wskazują na możliwość wykorzystania tych cech do oceny wartości wypiekowej mąki. Przeprowadzone badania nie wykazały natomiast istotnych ($p = 0,05$) korelacji pomiędzy pozo-

stałymi cechami pieczywa a właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych (tab. 5). Brak prostych zależności potwierdza kompleksowy wpływ wielu różnych czynników związanych zarówno z jakością mąki, jak i procesem technologicznym na cechy otrzymanego pieczywa [7, 11, 12, 15, 16, 27].

Tabela 4. Właściwości fizyczne pieczywa pszennego.

Table 4. Physical properties of wheat breads.

Odmiana pszenicy Wheat cultivars	Wydajność pieczywa Yield of breads [%]	Upiek Baking loss [%]	Objętość pieczywa ze 100g mąki Volume of a loaf made with 100g of flour [cm ³]	Wilgotność miękkiszu Crumb moisture [%]
Parabola A1	140,5 ^c ± 1,0	10,6 ^c ± 0,4	487 ^{bcd} ± 3	44,5 ^{cde} ± 0,7
Alcazar A1	134,4 ^d ± 1,3	12,7 ^a ± 0,8	580 ^a ± 31	44,1 ^{def} ± 0,2
Profilus A1	147,4 ^a ± 0,9	6,5 ⁱ ± 0,4	586 ^a ± 11	43,8 ^{ef} ± 0,3
Finezja A1	135,4 ^d ± 0,5	11,8 ^b ± 0,4	460 ^{de} ± 8	44,6 ^{cde} ± 0,2
Monsun A1	143,5 ^b ± 0,3	8,2 ^{fg} ± 0,1	386 ^f ± 4	44,5 ^{cde} ± 0,3
Adagio A1	141,5 ^c ± 1,1	10,7 ^c ± 0,5	512 ^b ± 16	45,4 ^{bc} ± 0,2
Parabola A2	140,9 ^c ± 0,5	9,5 ^{de} ± 0,3	488 ^{bcd} ± 15	44,8 ^{cde} ± 0,4
Alcazar A2	147,4 ^a ± 0,7	10,1 ^{cd} ± 0,4	581 ^a ± 25	43,3 ^f ± 0,1
Profilus A2	146,4 ^a ± 0,5	6,9 ^{hi} ± 0,3	499 ^{bc} ± 25	44,4 ^{cdef} ± 0,4
Finezja A2	143,3 ^b ± 1,0	8,9 ^{ef} ± 0,7	451 ^e ± 8	46,0 ^{ab} ± 0,1
Monsun A2	146,5 ^a ± 0,7	7,7 ^{gh} ± 0,5	371 ^f ± 9	45,0 ^{bcd} ± 0,6
Adagio A2	141,6 ^c ± 0,6	9,9 ^{cd} ± 0,4	478 ^{cde} ± 17	46,5 ^a ± 1,7

Objaśnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values ± standard deviations; n = 5; wartości średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie (p ≤ 0,05) / mean values in columns and denoted by the same letters do not differ statistically significantly (p ≤ 0.05); A1 – podstawowy poziom agrotechniki / basic level of agricultural technology; A2 – zaawansowany poziom agrotechniki / advanced level of agricultural technology.

Przeprowadzono również analizę regresji wielokrotnej, w której oprócz właściwości reologicznych 15-procentowych kleików mąk pszennych (lepkość początkowa i maksymalna, *setback*, *breakdown*) uwzględniono także inne właściwości mąki, takie jak wyciąg, popiołowość i zawartość glutenu. Przy doborze zmiennych objaśniających istotnymi kryteriami były: zachowanie prostoty modelu oraz włączenie właściwości reologicznych, które w szerokim zakresie określają właściwości skrobi. Analiza

Tabela 5. Zestawienie współczynników korelacji Pearsona pomiędzy właściwościami mąki pszennej a cechami pieczywa pszennego.

Table 5. List of Pearson coefficients of correlations among characteristics of wheat flour and of wheat breads.

Wskaźnik Index		Wydajność pieczywa Yield of breads	Upiek Baking loss	Objętość pieczywa ze 100 g mąki Volume of a loaf made with 100 g of flour	Wilgotność miękkiszu Crumb moisture
Wyciąg Flour yields		-0,80*	0,83*	0,09	0,12
Wilgotność Flour moisture		0,63*	-0,48	-0,19	0,44
Zawartość popiołu Content of ash in flour		-0,14	0,06	0,04	-0,23
Gluten	Zawartość Content	-0,34	0,49	0,30	0,44
	Wilgotność Moisture	0,06	0,14	0,25	0,19
	Rozpływalność Spreadability	-0,16	0,44	0,39	0,23
Liczba glutenowa Gluten number [-]		-0,39	0,44	0,21	0,46
Liczba opadania Falling number		0,04	-0,10	-0,59*	0,64*
Lepkość pozorna Apparent viscosity	początkowa initial	-0,06	0,02	0,66*	-0,50
	maksymalna peak viscosity	0,17	-0,20	-0,59*	0,46
	w temp, 95 °C at t = 95 °C	0,17	-0,17	-0,64*	0,46
	w temp, 95 °C ** at t = 95 °C **	0,21	-0,21	-0,66*	0,42
	końcowa final	0,25	-0,26	-0,64*	0,34
Breakdown***		-0,08	-0,03	0,48	-0,13
Setback****		0,27	-0,27	-0,63*	0,31

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

uzyskanych równań wskazuje, że właściwości reologiczne wodnych kleików z mąk pszennych, przy uwzględnieniu innych cech mąki, mogą być wykorzystane do prognozowania cech pieczywa pszennego, m.in. objętości i wydajności. Ze względu na obję-

tość pieczywa pożądana jest wysoka lepkość początkowa oraz niska lepkość maksymalna i końcowa. Wysoka lepkość początkowa może wywierać niekorzystny wpływ na wydajność pieczywa; wskazuje na to standaryzowany współczynnik regresji dla tej zmiennej, w przedstawionym modelu przyjmujący wartość ujemną. Poniżej przedstawiono równania, w których uzyskano jednocześnie wysokie wartości R^2 i R^2 skorygowanego.

Równanie dotyczące objętości pieczywa ma postać ($R^2 = 0,78$):

$$Op = 73,1 + 8,05Zg + 27677Lp - 1810Lm$$

Równanie dotyczące wydajności pieczywa ma postać ($R^2 = 0,76$):

$$Wp = 212 - 17Pm - 358Lp - 09Wm$$

gdzie:

Op - objętość pieczywa [cm^3],

Zg - zawartość glutenu [%],

Lp - lepkość początkowa (w temp. 25 °C) [$\text{Pa} \cdot \text{s}$],

Lm - lepkość maksymalna gorących kleików [$\text{Pa} \cdot \text{s}$],

Wp - wydajność pieczywa [%],

Pm - popiołowość mąki [%],

Wm - wyciąg mąki [%].

Wnioski

1. Nie wykazano jednoznacznego wpływu zwiększonej o 40 kg/ha dawki nawożenia azotowego, stosowanej w czasie uprawy pszenic, na wyciąg mąki, popiołowość, zawartość i jakość glutenu oraz liczbę opadania mąk pszennych.
2. Zwiększenie dawki nawożenia azotowego, w czasie uprawy pszenicy, miało wpływ na zmiany właściwości reologicznych 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych. Stwierdzono zmniejszenie lepkości początkowej, zmniejszenie różnicy pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików (*breakdown*) oraz zwiększenie różnicy pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików (*setback*) po zwiększeniu dawki nawożenia azotowego.
3. Stwierdzono wysoką dodatnią liniową korelację ($p = 0,05$) pomiędzy lepkością maksymalną 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych a liczbą opadania
4. Wykazano statystycznie istotne ($p = 0,05$) korelacje pomiędzy objętością pieczywa a właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąki pszennej. Ze względu na objętość pieczywa pszennej pożądana jest m.in. wysoka lepkość początkowa, niska lepkość maksymalna oraz końcowa 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych, jak również niska wartość *setback*.

5. Nie stwierdzono statystycznie istotnych liniowych korelacji ($p = 0,05$) pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych a upiekiem, wydajnością pieczywa oraz wilgotnością mięksiszu.

Literatura

- [1] AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, American of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [2] Blazek J., Copeland L.: Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylase content. *Carbohydrate Polymers*, 2008, **71**, 380-387.
- [3] Borkowska H., Grundas S., Styk B.: Influence of nitrogen fertilization of winter wheat on its gluten quality. *Int. Agrophysics*, 1999, **13**, 333-335.
- [4] Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Sobczyk M., Salwa M.: Wpływ przechowywania mąki pszennej na wartość wypiekową. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2012, **571**, 29-37.
- [5] Dojczew D., Sobczyk M., Grodzicki K., Haber T.: Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżytniej i żytniej. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2004, **3** (2), 127-136.
- [6] Fortuna T., Gałkowska D., Juszcak L.: Porównanie właściwości reologicznych wybranych preparatów skrobi modyfikowanej. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2004, **3** (1), 21-32.
- [7] Gambuś H., Golachowski A., Nowotna A., Bala-Piasek A., Gumul D.: Wpływ dodatku ekstrudowanych otrąb na jakość chleba pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **4** (21), 128-140.
- [8] Gąsiorowski H.: Pszenica – chemia i technologia. Praca zbiorowa. PWRiL, Poznań 2004, ss. 118-121, 367-370.
- [9] Gupta M., Bawa A.S., Semwal A.D.: Morphological, thermal, pasting and rheological properties of barley starch and their blends. *Int. J. Food Properties*, 2009, **12**, 595-596.
- [10] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW, Warszawa 1981.
- [11] Kasprzak M., Rzedzicki Z.: Effect of pea seed coat admixture on physical properties and chemical composition of bread. *Int. Agrophysics*, 2010, **24**, 149-156.
- [12] Kasprzak M., Rzedzicki Z., Sykut-Domańska E.: Wpływ dodatku razówki owsianej na cechy jakościowe chleba pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **1** (74), 124-139.
- [13] Knapowski T., Ralcewicz M., Spychaj-Fabsiak E., Łożek O.: Ocena jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 2010, **27** (1), 73-80.
- [14] Konopka I., Fornal Ł., Abramczyk D., Rothkaehl J., Rotkiewicz D.: Statistical evaluation of different technological and rheological test soft Polish wheat varieties for bread volume prediction. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39**, 11-20.
- [15] Korus J., Achremowicz B.: Zastosowanie preparatów błonnikowych różnego pochodzenia jako dodatków do wypieku chlebów bezglutenowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **1** (38), 65-73.
- [16] Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J.: Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkiszu (*Triticum pelta* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **2** (51), 60-71.
- [17] Noda T., Ichinose Y., Takigawa S., Matsuura-Endo Ch., Abe H., Satio K., Hashimoto N., Yamauchi H.: The casting properties of flour and starch in wheat grain damaged by α -amylase. *Food Sci. Technol. Res.*, 2003, **9** (4), 387-391.
- [18] Ostasiewicz A., Ceglińska A., Skowronek S.: Jakość pieczywa żytniego z dodatkiem zakwasów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **63** (2), 63-74.

- [19] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [20] PN-77/A-74041. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie ilości i jakości glutenu.
- [21] PN-ISO 3093:1996.Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- [22] Ragaei S., Abdel-Aal E-S.M.: Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chem.*, 2006, **95**, 9-18.
- [23] Sahlström S., Bævre A.B., Bråthen E.: Impact of starch properties on hearth bread characteristics. II. Purified A- and B-granule fractions. *J. Cereal Sci.* 2003, **37**, 285-293.
- [24] Sathivel S., Ram A.K., Espinoza L., King J., Cueto R., Solval K.M.: Application of honey powder in bread and its effect on bread characteristics. *J. Food Process. Technol.*, 2013, **4(11)**, 279. DOI:10.4172/2157-7110.1000279.
- [25] Singh N., Singh J., Kaur L., Sodhi N.S., Gill B.S.: Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem.*, 2003, **81**, 219-231.
- [26] Stępniewska S.: Zależność pomiędzy aktywnością enzymów amylolitycznych a cechami reologicznymi ciasta pszennego. *Acta Agrophysica*, 2013, **20 (3)**, 463-472.
- [27] Subda H., Jarosławska A., Unton A., Karolini-Skaradzińska Z.: Ocena wpływu wybranych cech chemicznych pszenicy ozimej na jakość ciasta i chleba. *Biul. IHAR*, 2002, **223/224**, 111-120.
- [28] Yoo S.H., Jane J.: Structural and physical characteristics of waxy and others wheat starches. *Carbohydr. Polym.*, 2002, **49**, 297-305.
- [29] Zarzycki P., Sobota A., Ciesielska Ż.: Wpływ czasu składowania na liczbę opadania oraz lepkość pozorną kleików mąk pszennych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **6 (85)**, 66-78.
- [30] Zarzycki P., Sobota A.: Effect of storage temperature on falling number and apparent viscosity of gruels from wheat flours. *J. Food Sci. Technol.* DOI: 10.1007/s13197-013-0975-1.

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WHEAT FLOUR SLURRY AS INDICATORS OF BAKING QUALITY OF WHEAT FLOUR

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the correlations among rheological properties of wheat flour slurry and selected parameters of wheat bread baked in a laboratory. The experimental material was wheat flour made by grinding grains of 6 selected wheat cultivars in a laboratory mill. To grow wheat, two levels of agricultural technology were used; they differed in the levels of nitrogen fertilization and chemical protection. The following wheat flour parameters were determined: flour yields, ash content, moisture, content and quality of gluten, and falling number. Rheological properties of 15 % water dispersions of wheat flours were measured using a Mettler Rheomat RM 180 spindle-type rotational rheometer with coaxial cylinders. The bread was baked using a one-phase method. The bread baked was weighed to calculate a total baking loss and a baking yield. Furthermore, the volumes of bread loaves were measured and the crumb moisture was determined. Among other things, significant differences were found in the quantity and quality of gluten; however, no dependence was found between the changes in those characteristics and the applied level of agricultural technology. An increased amount of nitrogen fertilizer applied when growing wheat caused the breakdown value (a difference between the peak and minimum viscosities of hot slurries) to decrease and the setback value (a difference between the final and minimum viscosities of hot slurries) to increase; the breakdown and setback values were calculated for a 15 % water slurries of wheat flours. Also, a significant ($p = 0.05$) positive correlation was found between the falling number of flour and the peak viscosity of 15 % water slurries of wheat flours. The volume of bread produced was significantly ($p = 0.05$) correlated with the initial viscosity, peak viscosity, and setback value of 15 %

wheat flour slurries. On the other hand, no significant ($p = 0.05$) correlations were found among other characteristics of the bread, i.e. among: baking loss, baking yield, and crumb moisture and the rheological properties of 15 % water slurries of wheat flours.

Key words: agricultural techniques, wheat flour, starch, apparent viscosity, baking quality 

EWELINA BRZozowska, ILONA GAŁĄZKA-CZARNECKA,
LUCJAN KRALA

WPLYW ROZPROSZONEGO PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI KIEŁKÓW KONICZINY CZERWONEJ (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

Streszczenie

Kielki koniczyny czerwonej, mimo walorów żywieniowych i prozdrowotnych, nie są dotychczas doceniane. Celem badań było określenie wpływu rozproszonego promieniowania słonecznego podczas wzrostu kielków koniczyny czerwonej na zawartość w nich kwasu L-askorbinowego, związków polifenolowych, aktywność przeciwutleniającą i właściwości sensoryczne. Wzrost kielków w automatycznej kielkownicy, o kontrolowanych parametrach mikroklimatu, prowadzono przez 8 dni, z dostępem oraz bez dostępu promieniowania rozproszonego. Stwierdzono, że promieniowanie to wpłynęło korzystnie na zawartość badanych związków oraz na zdolności przeciwutleniające kielków. Ze względu na walory sensoryczne oraz potencjał przeciwutleniający kielków uznano, że najkorzystniejszym terminem zbioru była piąta i szósta doba wzrostu. W tym czasie zawartość związków polifenolowych w kielkach uprawianych z dostępem promieniowania rozproszonego wyniosła 2051 mg/100 g s.m., zawartość kwasu L-askorbinowego – 115 mg KA/100 g s.m., natomiast współczynnik IC_{50} – 37 mg/ml. Kielki uprawiane z dostępem promieniowania charakteryzowały się świeżym, ogórkowo-groszkowym zapachem, jędrną teksturą oraz jasnozieloną barwą. Wykazano, że kielki koniczyny czerwonej mogą być cennym składnikiem pożywienia oraz atrakcyjnym dodatkiem do wielu dań.

Słowa kluczowe: kielki koniczyny czerwonej, polifenole, kwas L-askorbinowy, aktywność przeciwutleniająca, DPPH

Wprowadzenie

Dziko rosnąca koniczyna czerwona (*Trifolium pratense*) od dawna była stosowana w wielu krajach jako zioło lecznicze [2, 31]. Wykazuje ona silne właściwości przeciwutleniające, głównie ze względu na dużą zawartość polifenoli, w tym także

Mgr inż. E. Brzozowska, dr inż. I. Gałązka-Czarnecka, dr hab. inż. L. Krala, Instytut Chemicznej Technologii Żywności, Wydz. Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź. Kontakt: evelina.brzozowska@gmail.com

izoflawonów należących do grupy fitoestrogenów, takich jak: daidzeina, genisteina, formononetyna oraz biochanina A [23].

Związki polifenolowe wykazują wiele właściwości korzystnych dla zdrowia człowieka, m.in. łagodzenie zaburzeń menopauzy, hamowanie chorób sercowo-naczyniowych oraz obniżanie ryzyka niektórych chorób nowotworowych u osób, które spożywają produkty zawierające izoflawony oraz inne związki polifenolowe [28]. W działaniach tych istotna jest zdolność polifenoli do wygaszania wolnych rodników, odpowiedzialnych za procesy utleniania zachodzące w organizmie człowieka w warunkach stresu oksydacyjnego. Wolne rodniki generują powstawanie stanów zapalnych, będących przyczyną różnych chorób (m.in. miażdżycy, nowotworów, zmian zwyrodnieniowych) oraz procesów starzenia się. Organizm człowieka wykształcił system obrony przed szkodliwym działaniem wolnych rodników. Przeciwutleniacze endogenne, takie jak: glutation, katalaza czy dysmutaza ponadtlenkowa zapobiegają powstawaniu wolnych rodników tlenowych, hamują procesy łańcuchowych reakcji utleniania lipidów, a układ enzymów specyficznych wspomaga naprawę oksydacyjnych uszkodzeń powstałych w cząsteczkach DNA. Istotną rolę w hamowaniu procesów oksydacyjnych pełnią także przeciwutleniacze występujące w żywności. Należą do nich m.in. związki fenolowe, witamina C, uważana za najsilniejszy przeciwutleniacz w środowisku wodnym, oraz witamina E. Stosowanie przeciwutleniaczy powoduje nie tylko hamowanie niekorzystnych zmian w organizmie ludzkim, ale również wspomaga przedłużenie trwałości produktów spożywczych ulegających autooksydacji [1, 6, 12, 24, 25].

Zapotrzebowanie na skuteczne, silnie działające i jednocześnie bezpieczne dla człowieka naturalne przeciwutleniacze ciągle wrasta. W związku z tym stale poszukuje się nowych źródeł tych związków. Dotychczas koniczyna czerwona nie była doceniana pod tym względem, gdyż jako roślina pastewna nie jest atrakcyjnym urozmaicheniem diety człowieka. Alternatywnym źródłem związków przeciwutleniających w stosunku do całych roślin mogą być kielki koniczyny czerwonej. Istnieje zapotrzebowanie na kielki roślinne, które od dawna stosowane są w diecie człowieka [19]. Kielki są źródłem wielu cennych witamin, związków mineralnych, aminokwasów i mikroelementów [13, 31, 33].

W trakcie kiełkowania nasiona charakteryzują się intensywnym metabolizmem: wzrasta w nich zawartość witamin i mikroelementów, a usunięte zostają składniki przeciwyżywieniowe, np. inhibitory trypsyny, co sprawia, że kielki są bezpieczne dla człowieka [17, 18]. Podczas kiełkowania nasion aktywowane są w nich enzymy, m.in. amololityczne, proteolityczne, i lipolityczne. Ich aktywność korzystnie zmienia skład skielkowanych nasion. Skrobia, białka i tłuszcze są rozkładane, stając się źródłem energii oraz substratami do syntezy nowych substancji [13, 20]. Zawartość składników biologicznie aktywnych może zwiększać się w odpowiedniej fazie kiełkowania, nawet

wielokrotnie w ciągu kilku dni [16]. Dane literaturowe wskazują na zależność pomiędzy zawartością związków przeciwutleniających w kielkach a warunkami ich wzrostu, tj. umiejscowieniem nasion, temperaturą i wilgotnością [8]. Znaczący wpływ na kiełkowanie, wzrost i rozwój roślin oraz zawartość wtórnych metabolitów (m.in. polifenoli) ma światło, jego źródło, intensywność i długość fali [5, 7, 11, 16, 27]. Badania wielu autorów nad procesami zachodzącymi w kiełkujących nasionach dotyczą także znaczenia światła jako czynnika pośredniczącego w regulacji aktywności enzymów [11]. Brak jest natomiast informacji dotyczących wpływu rozproszonego światła słonecznego na zawartość związków polifenolowych oraz mających właściwości przeciwutleniające w kielkach koniczyny czerwonej podczas ich wzrostu.

Celem pracy było określenie wpływu rozproszonego światła słonecznego na zawartość związków polifenolowych, kwasu L-askorbinowego, aktywność przeciwutleniającą i właściwości sensoryczne w rosnących kielkach koniczyny czerwonej oraz ustalenie optymalnego dnia ich zbioru.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły kielki uzyskane z nasion koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense* L.) odmiany 'Rozeta', dostępne w specjalistycznych placówkach handlowych. Kiełkowanie nasion prowadzono do 8 dni w temp. 22 ± 2 °C, przy wilgotności względnej powietrza (RH) 96 ± 2 %, z wykorzystaniem zautomatyzowanych kielkownic firmy EasyGreen, z systemem filtracji powietrza. Temperaturę oraz wilgotność względną powietrza wewnątrz kielkownic monitorowano przy użyciu termohigrometrów pastylkowych iButton (typ DS 1923-F5), firmy Maxim Integrated. Kielki nawilżane były wodą wodociągową w postaci mgły, wytwarzanej i rozprowadzanej równomiernie wewnątrz kielkownic przez zintegrowany z nimi generator, uruchamiany według zadanego programu co 4 h na 15 min. Kiełkowanie nasion prowadzono w dwóch wariantach:

- 1 – z dostępem rozproszonego promieniowania słonecznego,
- 2 – w kielkownicach umieszczonych w zaciemnionych pomieszczeniu (bez dostępu do światła). Kielki analizowano od czwartego do ósmego dnia uprawy łącznie.

Oznaczano zawartość: suchej masy, kwasu L-askorbinowego, sumy związków polifenolowych, a także określano właściwości przeciwutleniające (test z rodnikiem DPPH, czyli 2,2-difenylo-1-pikrohydrazylem) oraz podstawowe cechy sensoryczne, to jest smak, zapach, barwę oraz teksturę. W celu przygotowania próbek do analiz chemicznych świeże kielki rozdrabniano w młynku laboratoryjnym firmy IKA, typ A11.

Oznaczenie zawartości suchej masy w kielkach wykonywano metodą grawimetryczną, według Polskiej Normy [21].

Zawartość kwasu L-askorbinowego (KA) oznaczano metodą Tillmansa [3]. W celu przygotowania próbek do analiz, rozdrobnione świeże kielki homogenizowano

w 2-procentowym roztworze kwasu szczawiowego, co zapewniało ochronę kielków przed degradacją KA w czasie wykonywania analizy. Homogenat sączono, następnie miareczkowano mianowanym roztworem odczynnika Tillmansa. Zawartość KA wyrażano w mg KA/100 g s.m. badanych kielków.

Do oznaczania ogólnej zawartości związków fenolowych oraz aktywności przeciwutleniającej kielków, wyrażonej jako zdolność do wygaszania wolnych rodników, używano etanolowych ekstraktów świeżych kielków (70 % v/v, stosunek masy analitu do czynnika ekstrahującego 1 : 6). Ekstrakcję prowadzono w wytrząsarce orbitalnej (model SK-0330-PRO, Scilogex) przez 1 h, w temp. 20 ± 2 °C. Uzyskane ekstrakty wirowano przez 10 min z prędkością obrotową 3500 rpm (wirówka Sorvall ST 16, Thermo Scientific).

Sumę związków polifenolowych w ekstraktach oznaczano zmodyfikowaną metodą Folina-Ciocalteu'a [26], przy użyciu odczynnika firmy Sigma-Aldrich. Krzywą wzorcową do obliczenia wyniku końcowego sporządzono z użyciem katechiny (Sigma-Aldrich). Absorbancję mierzono przy długości fali $\lambda = 725$ nm.

Aktywność przeciwutleniającą ekstraktów z kielków oznaczano z użyciem 96-procentowego etanolowego roztworu syntetycznych rodników DPPH, o stężeniu $2 \cdot 10^{-4}$ mg/ml (Sigma Aldrich). Wyniki analiz aktywności przeciwutleniającej kielków wyrażano jako masę świeżych kielków przypadającą na 1 ml ekstraktu, która powodowała wygaszenie 50 % wolnych rodników DPPH. Tak zdefiniowaną jednostkę aktywności przeciwutleniającej nazywa się współczynnikiem IC_{50} [mg s.m./ml]. Analizę IC_{50} wykonywano zgodnie z metodą przedstawioną przez Yen i Chen [32]. Stopień redukcji DPPH [%] wyznaczano z równania:

$$\text{Reakcja rodnika DPPH [\%]} = \frac{A_0 - A_E}{A_0} \cdot 100,$$

gdzie:

A_0 – absorbancja próbki kontrolnej,

A_E – absorbancja badanego ekstraktu.

Następnie z zależności stopnia redukcji DPPH od ilości ekstraktu, na podstawie krzywej wzorcowej, określano jego dawkę powodującą 50-procentową redukcję DPPH w warunkach wykonywania analizy.

Ocena cech sensorycznych dotyczyła smaku, zapachu, barwy oraz tekstury kielków. Wykonywano ją zgodnie z zaleceniami normy ISO [22] w specjalistycznej Pracowni Sensorycznej przez przeszkolony sześciuosobowy zespół oceniający, z zastosowaniem pięciopunktowej metody skalowania. Kryteria ocen punktowych cech sensorycznych kielków przedstawiono w tab. 1.

W każdym terminie badań analizowano po sześć prób. W celu ustalenia istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi parametrów kielków nasion koniczyzny czerw-

nej różnicowanymi warunkami ich wzrostu, wykonano jednoczynnikową analizę wariancji oraz test istotności różnic NIR, na poziomie istotności $p = 0,05$. Obliczenia wykonano w programie Statistica 10.

Tabela 1. Skala ocen cech sensorycznych kielków koniczyny czerwonej.

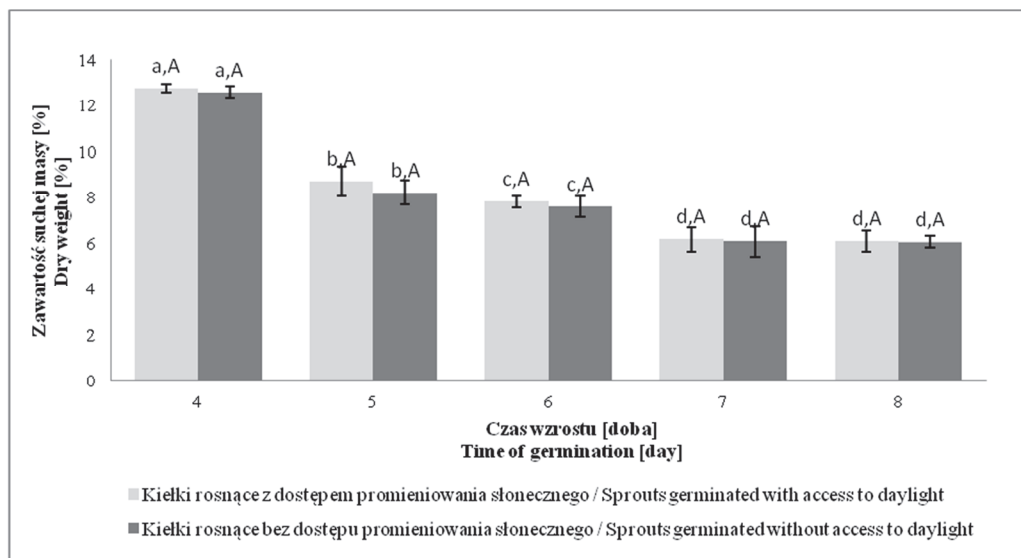
Table 1. Assessment scale for sensory characteristics of red clover sprouts.

Ocena Score	Cecha / Characteristic			
	Barwa / Colour	Tekstura / Texture	Smak / Taste	Zapach / Smell
5	Jasnozielone liście, biało-kremowe łodyżki Light green leaves, creamy-white stems	Bardzo jędrne, zwarta konsystencja Very firm, compact consistency	Groszkowy, wyrazisty typowy dla odmiany Pea, expressive, typical for this variety	Świeży, ogórkowo- groszkowy, typowy dla odmiany Fresh cucumber and pea, typical for variety
4	Liście jasnozielone do ciemnozielonych, kremowe łodyżki Light to dark green leaves, creamy stems	Jędrne, zwarta konsystencja Firm, compact consi- stency	Groszkowy, mniej wyrazisty, typowy dla odmiany Pea, less expressive, typical for this variety	Ogórkowo-groszkowy, słabszy, typowy dla odmiany Cucumber and pea, weaker, typical for this variety
3	Żółtozielone liście, kremowe łodyżki Yellow-green leaves, creamy stems	Mniejsza jędrność, lekko wiotka Less firm, lightly flac- cid	Groszkowy, lekko zmieniony, słabszy Pea, lightly modified, weaker	Lekko groszkowy, zmieniony Lightly like pea, changed
2	Żółtozielone liście, lekkobrązowe łodyżki Yellow-green leaves, lightly brown stems	Lekko lepka, wiotka Lightly sticky, flaccid	Lekko groszkowy, zmieniony Lightly pea, changed	Zmieniony, wyczu- walny kwaśny zapach Changed, perceptible sour smell
1	Żółtozielone i żółto- brązowe liście, brązowe łodyżki Yellow-green and yellow-brown leaves, brown stems	Lepka, bardzo zmieniona, niezachęcająca Sticky, highly changed, repulsive	Nietypowy dla odmiany, lekko kwaśny, mdły, niezachęcający Atypical for this varie- ty, lightly sour, bland, repulsive	Nietypowy dla odmiany, gnilny Atypical for this variety, putrefactive

Wyniki badań i dyskusja

Zawartość suchej masy w kielkach koniczyny czerwonej stopniowo zmniejszała się wraz z ich wzrostem (rys. 1). Od 4. do 6. dnia wzrostu zawartość suchej masy w kielkach i nasionach koniczyny czerwonej zmniejszyła się z 13 do 8 %, po czym w kolejnych dwóch dniach ustabilizowała się na poziomie około 6 %. Nie stwierdzono statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$) różnic pod względem zawartości suchej masy

w kielkach konicyny czerwonej uprawianych z dostępem rozproszonego promieniowania słonecznego oraz bez dostępu światła (rys. 1). Oznacza to, że promieniowanie słoneczne nie wywierało znaczącego wpływu na ogólną zawartość suchej masy w kielkach. Podobny rezultat uzyskali Świeca i wsp. [30], badając podczas kiełkowania nasiona soczewicy [30].



Objaśnienia: / Explanatory notes:

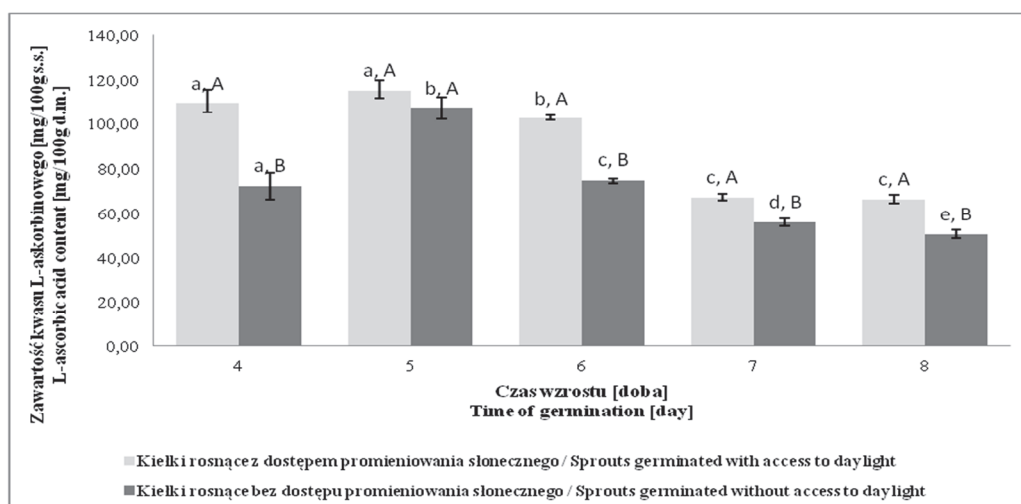
Wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami dla każdego rodzaju uprawy oraz wartości średnie oznaczone dużą literą w danym dniu uprawy różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$). / Mean values denoted by different small letters for each germinating variety, and mean values denoted by capital letter on given germination day differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

Rys. 1. Zawartość suchej masy w kielkach konicyny czerwonej rosnących z dostępem rozproszonego promieniowania słonecznego oraz bez jego dostępu.

Fig. 1. Content of dry weight in red clover sprouts germinating in the presence and in the absence of diffuse solar radiation.

Do 5. dnia uprawy obserwowano wzrost zawartości kwasu L-askorbinowego w kielkach konicyny czerwonej (rys. 2). W następnych dniach eksperymentu zawartość KA w analizowanych kielkach zmniejszała się. Porównując zawartość KA w kielkach konicyny czerwonej rosnących z dostępem rozproszonego promieniowania słonecznego oraz bez światła, można stwierdzić, że w pierwszym przypadku jego zawartość utrzymywała się na wyższym poziomie (rys. 2), a różnice były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). W kielkach konicyny czerwonej uprawianej z dostępem światła rozproszonego zawartość KA wynosiła, w zależności od czasu wzrostu, $109 \div$

66 mg/100 g s.m., natomiast w kielkach wzrastających bez dostępu światła – 115 ± 50 mg/100 g s.m. W obu wariantach kiełkowania (z dostępem i bez dostępu światła) największą zawartością KA, wynoszącą 115 i 107 mg/100 g s.m., odznaczały się kielki w piątej dobie wzrostu, jednak różnice nie były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). W szóstej dobie wzrostu różnica zawartości KA w porównywanych kielkach koniczyny czerwonej wynosiła już 30 %. Mniej KA zawierały kielki uprawiane w zaciemnionym pomieszczeniu. Podsumowując tę część badań można stwierdzić, że dostęp rozproszonego promieniowania słonecznego do upraw wpłynął stymulująco na syntezę kwasu L-askorbinowego w kielkach koniczyny czerwonej. Jest to korzystne ze względu na aspekt żywieniowy oraz aktywność biologiczną – KA decyduje bowiem o właściwościach przeciwutleniających [24, 25]. Podobną zależność wykazali Khattak i wsp. [10], analizując warunki wzrostu kielków ciecierzycy.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami dla każdego rodzaju uprawy oraz wartości średnie oznaczone różnymi dużymi literami w danym dniu uprawy różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / values denoted by the same small letters for each germinating variety and mean values denoted by capital letters on given germination day differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

Rys. 2. Zawartość kwasu L-askorbinowego w kielkach koniczyny czerwonej rosnących z dostępem rozproszonego promieniowania słonecznego oraz bez jego dostępu.

Fig. 2. Content of L-ascorbic acid in red clover sprouts germinating in the presence and in the absence of diffuse solar radiation.

Zapotrzebowanie organizmu dorosłego człowieka na witaminę C wynosi co najmniej 1 mg/kg masy ciała, a dzieci – 2 mg/kg masy ciała [15]. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki badań, można stwierdzić, że porcja 100 g świeżych kielków koniczyny

czerwonej mogłaby pokryć 15÷20 % dziennego zapotrzebowania organizmu dorosłego człowieka na witaminę C (w postaci kwasu L-askorbinowego).

Zawartość związków polifenolowych w kielkach koniczyzny czerwonej, rosnących z dostępem promieniowania rozproszonego, wynosiła od 2028 do 2668 mg/100 g s.m. i była statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) większa niż w kielkach rosnących w ciemności (tab. 2). W tym drugim przypadku ogólna zawartość związków polifenolowych wynosiła 1070 ÷ 2146 mg/100 g s.m. Dowiedziono zatem, że korzystniejszy był wzrost kielków z udziałem promieniowania słonecznego. W tych warunkach następuje przyspieszenie fotosyntezy oraz szlaku malonyloCoA, co jest związane z syntezą związków fenolowych [11].

Tabela 2. Zawartość związków fenolowych w ekstraktach z kielków koniczyzny czerwonej rosnących z dostępem promieniowania słonecznego oraz bez jego dostępu.

Table 2. Content of total phenolic compounds in extracts of red clover sprouts germinating in the presence and in the absence of solar radiation.

Czas wzrostu [doba] Time of germination [day]	Związki polifenolowe ogółem [mg/100 g s.m.] Total phenolics [mg/100 g d.m.]	
	Warunki wzrostu / Conditions of germination	
	Kielki rosnące z dostępem promieniowania słonecznego Sprouts germinating in the presence of solar radiation	Kielki rosnące bez dostępu do promieniowania słonecznego Sprouts germinating in the absence of solar radiation
4	1838,91 ^{a,A} ± 37,02	1684,00 ^{a,B} ± 59,40
5	2028,06 ^{b,A} ± 69,36	1540,38 ^{b,B} ± 22,33
6	2051,60 ^{b,A} ± 88,64	1070,33 ^{c,B} ± 31,53
7	2336,89 ^{c,A} ± 83,52	2131,75 ^{d,B} ± 73,75
8	2634,40 ^{d,A} ± 92,13	1872,40 ^{e,B} ± 89,18

Objaśnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values and standard deviations; wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami w kolumnie oraz dużymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values denoted by different small letters in column and by capital letters in rows differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

W piątej i szóstej dobie eksperymentu nie zaobserwowano statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$) różnic zawartości związków polifenolowych w ekstraktach kielków koniczyzny czerwonej, determinowanych dostępem promieniowania słonecznego i jego brakiem w uprawie roślin. Zawartość ta wynosiła około 2030 mg/100 g s.m. Najwięcej polifenoli oznaczono w kielkach w ósmej dobie wzrostu z dostępem promieniowania słonecznego. W porównywanych warunkach wzrostu można zauważyć, że ogólna zawartość związków polifenolowych w kielkach sukcesywnie wzrastała. Przy czym

w warunkach dostępu do rozproszonego światła słonecznego charakter tych zmian był bardziej równomierny. Efekt zwiększania zawartości polifenoli w trakcie wzrostu kiełków wykazali López-Cervantes i wsp. [14] podczas badania kiełkujących nasion brokułu oraz Fernandez-Orozco i wsp. [4], którzy badali kiełki soi.

Stosowany w metodzie odczynnik Folina-Ciocalteu'a reaguje nie tylko z polifenolami, ale również z innymi związkami zawartymi w układzie biologicznym, np. z witaminą C, aminokwasami, białkami, kwasami organicznymi [9]. Podczas wzrostu kiełków następują w nich przemiany biochemiczne prowadzące do syntezy zróżnicowanych związków [13], które wchodzą w reakcje z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a i wpływają na zawyżenie wyniku oznaczenia. Wyjaśnienie tego zagadnienia wymaga kontynuowania prac badawczych z zastosowaniem dokładniejszych i selektywniejszych metod badawczych, np. wysokosprawnej chromatografii cieczowej.

Kiełki koniczyzny czerwonej w 8. dobie wzrostu charakteryzowały się czterokrotnie większą zawartością związków polifenolowych w stosunku do kiełków soi [13, 14] oraz dwukrotnie – do kiełków fasoli mung [13].

Po przeanalizowaniu zdolności wygaszania wolnych rodników stwierdzono, że kiełki koniczyzny czerwonej wykazywały najsilniejsze właściwości przeciwutleniające w 5. oraz 6. dobie wzrostu, a różnice nie były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) – tab. 3. W celu zredukowania ilości wolnych rodników o 50 % należało użyć 37 mg/ml ekstraktu kiełków pochodzących z 6. doby uprawy naświetlanej światłem rozproszonym lub 44 mg/ml ekstraktu pięciodniowych kiełków koniczyzny czerwonej uzyskanych w drugim wariancie doświadczenia. Po siódmej i ósmej dobie wzrostu kiełków ich zdolność przeciwutleniająca była mniejsza, o czym świadczyła konieczność użycia do redukcji wolnych rodników coraz większych ilości ekstraktu z analizowanych kiełków. Dowodzi to, że czas wzrostu kiełków koniczyzny czerwonej nie powinien przekraczać 6 dob. Przez cały okres prowadzenia eksperymentu wyższą aktywnością przeciwutleniającą charakteryzowały się kiełki uprawiane z dostępem promieniowania słonecznego – różnice były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$).

Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów roślinnych jest w dużej mierze związana z zawartością w nich związków polifenolowych. Jednak porównując wyniki analiz zawartości związków polifenolowych oraz aktywności przeciwutleniającej po 6. dobie uprawy kiełków koniczyzny czerwonej można stwierdzić, że zależność ta była odwrotnie proporcjonalna. Również te dane pozwalają przypuszczać, że wyniki analiz z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a w ciągu 7. i 8. doby były zawyżone i mogły być spowodowane reakcją tego odczynnika z innymi związkami.

Wyniki oceny sensorycznej kiełków zobrazowano na wykresach radarowych (rys. 3). Krańce wykresów odpowiadają kolejnym dniom wzrostu kiełków. Wykazano, że kiełki rosnące w warunkach dostępu promieniowania rozproszonego charakteryzowały się korzystniejszymi cechami sensorycznymi niż nasiona kiełkujące w ciemności.

Największą różnicę zaobserwowano w przypadku barwy. Kielki rosnące bez dostępu światła rozproszonego miały wyraźnie mniej intensywne, żółtozielone zabarwienie niż kielki rosnące z udziałem światła. Stwierdzono również istotne ($p \leq 0,05$) różnice smaku i zapachu. Kielki uprawiane z dostępem rozproszonego promieniowania słonecznego cechował wyrazisty, groszkowy smak i intensywny, świeży, ogórkowo-groszkowy zapach. Kielki uprawiane bez dostępu światła cechowały się podobnymi nutami smakowo-zapachowymi, jednak zdecydowanie mniej intensywnymi. Najmniejsze różnice dotyczyły tekstury.

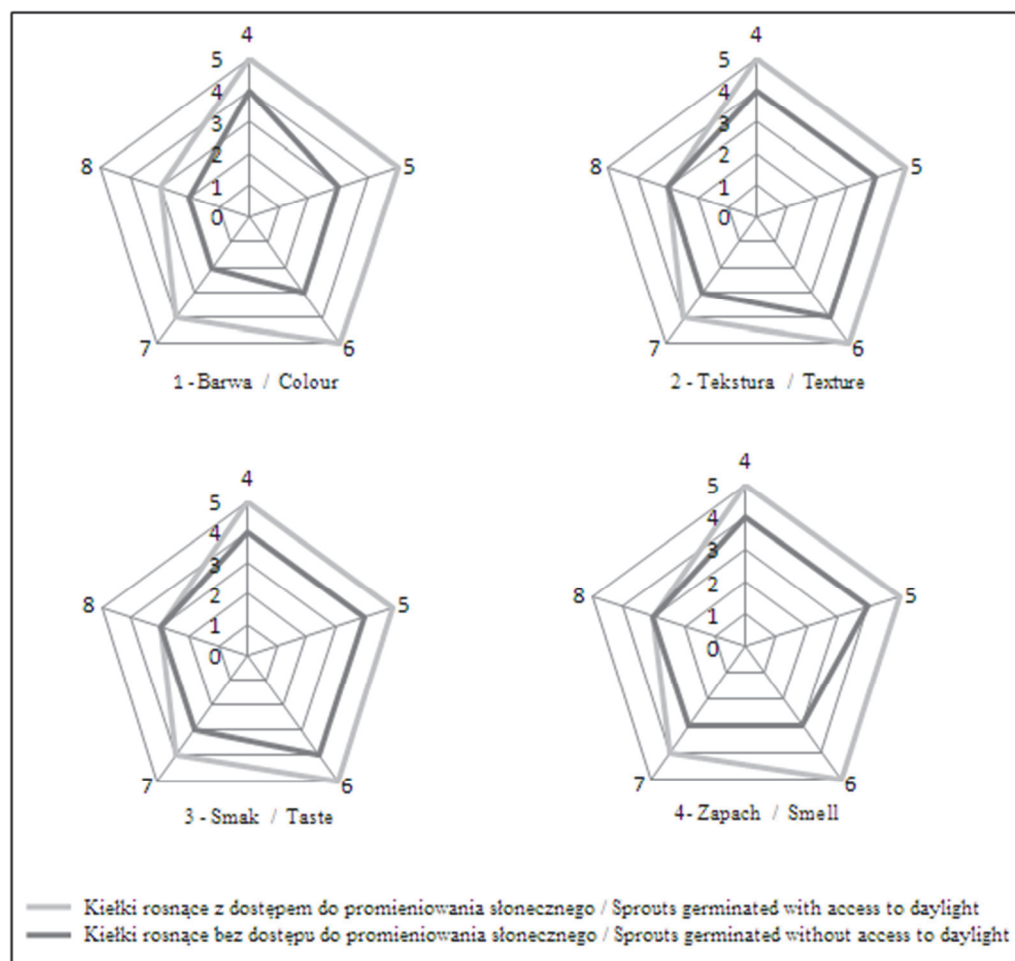
Tabela 3. Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów kielków koniczyny czerwonej, rosnących z dostępem rozproszonego promieniowania słonecznego oraz bez jego dostępu.

Table 3. Antioxidant activity of extracts from red clover sprouts germinated with access to diffused daylight and without access to daylight

Czas wzrostu [doba] Time of germination [day]	Współczynnik IC_{50} [mg/ml] IC_{50} coefficient [mg/ml]	
	Warunki wzrostu / Conditions of germination	
	Kielki rosnące z dostępem promieniowania słonecznego Sprouts germinating in the presence of solar radiation	Kielki rosnące bez dostępu promieniowania słonecznego Sprouts germinating in the absence of solar radiation
4	44,69 ^{a,A} ± 1,50	57,91 ^{a,B} ± 1,81
5	37,28 ^{b,A} ± 0,64	42,83 ^{b,B} ± 1,48
6	37,27 ^{b,A} ± 1,77	43,99 ^{b,B} ± 1,18
7	50,14 ^{c,A} ± 2,04	54,10 ^{c,B} ± 2,15
8	63,39 ^{d,A} ± 2,20	69,37 ^{d,B} ± 2,70

Objaśnienia jak pod Tab. 2 / Explanatory notes as in Tab. 2.

Zarówno kielki rosnące z dostępem promieniowania słonecznego, jak i w ciemności, w pierwszych trzech dobach prowadzenia eksperymentu były zwarte i jędrne. W ciągu 7. i 8. doby obserwowano stopniowe zmniejszanie ich jędrności. Wprawdzie już w czwartym dniu wzrostu kielki koniczyny były akceptowane pod względem cech sensorycznych, jednak były one jeszcze stosunkowo niewielkie (ich długość wynosiła 2 - 2,5 cm). Nie miały także w pełni ukształtowanego, intensywnego, charakterystycznego smaku i zapachu oraz wyrazistej smakowości. Kielki uzyskały te cechy dopiero w piątej dobie wzrostu. Ponadto najsilniejszą aktywność przeciwutleniającą osiągnęły kielki w piątej oraz szóstej dobie wzrostu. Zatem był to optymalny czas ich zbioru.



Rys. 3. Zmiany właściwości sensorycznych kiełków koniczyny czerwonej rosnących z dostępem rozproszanego promieniowania słonecznego oraz bez jego dostępu.

Fig. 3. Changes in sensory properties of red clover sprouts germinating in the presence and in the absence of diffuse solar radiation.

Wnioski

1. Dostęp do rozproszanego promieniowania słonecznego podczas kiełkowania nasion koniczyny czerwonej korzystnie wpływa na zawartość w nich kwasu L-askorbinowego, związków polifenolowych, aktywność przeciwutleniającą oraz walory sensoryczne uzyskanych kiełków.
2. Ze względu na walory sensoryczne oraz potencjał przeciwutleniający najkorzystniejszym terminem zbioru kiełków jest 5. i 6. doba ich wzrostu.

3. Z uwagi na wymienione właściwości kiełki nasion koniczyzny czerwonej mogą być cennym składnikiem pożywienia oraz atrakcyjnym dodatkiem do wielu dań.
4. Wyniki dotyczące zawartości związków o charakterze przeciwutleniającym w kiełkach koniczyzny czerwonej wymagają dalszych, szczegółowych weryfikacji, co pozwoli na określenie wpływu oznaczanych związków na zmiany aktywności przeciwutleniającej badanych kiełków

Literatura

- [1] Augustyniak A., Skrzydlewska E.: Zdolności antyoksydacyjne w starzejącym się organizmie. *Post.Hig. Med. Dośw.*, 2004, **58**, 194-201.
- [2] Booth N.L., Overk C.R., Yao P., Totura S., Deng Y., Hedayat A.S., Bolton J.L., Pauli G.F., Farnsworth R.: Seasonal variation of red clover (*Trifolium pratense* L., *Fabaceae*) isoflavones and estrogenic activity. *J. Agric. Food Chem.*, 2006, **54**, 1277-1282.
- [3] Burguieres E., Mccue P., Kwon Y.I., Shetty K.: Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. *Bioresource Technol.*, 2007, **98**, 1393-1404.
- [4] Fernandez-Orozco R., Frias J., Zielinski H., Piskula M.K., Kozłowska H., Vidal-Valverde C.: Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity during germination of *Vignaradiata* cv. emerald, *Glycine max* cv. and *Glycine max* cv. merit. *Food Chem.*, 2008, **111**, 622-630.
- [5] Gosh D.: Germination and dormancy of seeds. *Competition Science Vision*, 2006, **9 (11)**, 1225.
- [6] Grajek W.: Rola przeciwutleniaczy w zmniejszeniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **1 (38)**, 3-11.
- [7] Heldt H.W.: *Plant Biochemistry*. Ed. by Elsevier Academic Press. Amsterdam 2005.
- [8] Jung K., Richter J., Kabrodt K., Lücke I.M., Schellenberg I., Herrling T.: The antioxidative power AP – A new quantitative time dependent (2D) parameter for the determination of the antioxidant capacity and reactivity of different plants. *Spectrochim. Acta A*, 2006, **63**, 846-850.
- [9] Kalisz S., Kurowska M.: Zmiany zawartości związków fenolowych i witaminy C w sokach i półkoncentratkach truskawkowych podczas ich przechowywania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **2 (43) Supl.**, 62-71.
- [10] Khattak A.B., Zeb A., Khan M., Bibi N., Ihsanullah, Khattak M.S.: Influence of germination techniques on sprout yield, biosynthesis of ascorbic acid and cooking ability, in chickpea (*Cicerarietinum* L.). *Food Chem.*, 2007, **103**, 115-120.
- [11] Kim E.H., Kim S.H., Chung J.I., Chi H.Y., Kim J.A., Chung I.M.: Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) *Merill*) and sprouts grown under different conditions. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **222**, 201-208.
- [12] Kołodziej B., Drożdżal K.: Właściwości przeciwutleniające kwiatów i owoców bzu czarnego pozyskanego ze stanu naturalnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **4 (77)**, 36-44.
- [13] Lewicki P.: Kiełki nasion jako źródło cennych składników odżywczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **6 (73)**, 18-33.
- [14] López-Cervantes J., Tirado-Noriega L.G., Sanchez-Machado D.I., Campas-Baypoli O.N., Cantu-Soto E.U., Nunez-Gastelum J.A.: Biochemical composition of broccoli seeds and sprouts at different stages of seedling development. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2013, **48**, 2267-2275.
- [15] Maćkowiak K., Torliński L.: Współczesne poglądy na rolę witaminy C w fizjologii i patologii człowieka. *Nowiny Lekarskie*, 2007, **76 (4)**, 349-356.
- [16] Michalczyk M.: Wpływ warunków przechowywania na jakość wybranych dostępnych w obrocie handlowym, mało przetworzonych produktów warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **3 (58)**, 96-107.

- [17] Michalczyk M., Kowalińska J.: Zanieczyszczenie mikrobiologiczne kiełkowanych nasion dostępnych w handlu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **3** (64), 32-69.
- [18] Mwikya S.M., Camp J.V., Rodriguez R., Huyghebaert A.: Effects of sprouting on nutrient and antinutrient composition of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* var *Rose coco*). *Eur. Food Res. Technol.*, 2001, **212**, 188-191.
- [19] Park J.H., Jeong H.J., De Lumen B.O.: Contents and bioactivities of lunasin, Bowman-Birk inhibitor, and isoflavones in soybean seed. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, **53**, 7686-7690.
- [20] Piesiewicz H., Mielcarz M.: Kielki w żywieniu człowieka. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2001, **3**, 10-14.
- [21] PN-90/A-75101/03. Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową.
- [22] PN-ISO 4121:1998 Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- [23] Ramos G.P., Dias P.M., Morais C.B., Froehlich P.E., Dall'Agnol M., Zuanazzi J.A.: LC determination of four isoflavone aglycones in red clover (*Trifolium pratense* L.). *Chromatographia*, 2008, **67** (1-2), 125-129.
- [24] Rutkowski M., Matuszewski T., Kędziora J., Paradowski M., Kłos K., Zakrzewski A.: Witaminy E, A i C jako antyoksydanty. *Pol. Merk. Lek.*, 2010, **29**, 377-381.
- [25] Sierżant K., Pyrkosz-Biardzka K., Gabrielska J.: Właściwości przeciwutleniające naturalnych ekstraktów polifenolowych z wybranych roślin w układach modelowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **6** (85), 41-53.
- [26] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1965, **16**, 144-158.
- [27] Sun-Joo L., Joung-Kuk A., Tran-Dang K., Se-Cheol Ch., Sun-Lim K., Hee-Myong R., Hong-Keun S., Ill-Min Ch.: Comparison of isoflavone concentrations in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) sprouts grown under two different light conditions. *J. Agric. Food Chem.*, 2007, **55**, 9415-9421.
- [28] Surh J., Kim M.J., Koh E., Kim Y-K. L., Kwon H.: Estimated intakes of isoflavones and coumestrol in Korean population. *Int. J. Food. Sci. Nutr.*, 2006, **57**(5/6), 325-344.
- [29] Świeca M., Gawlik-Dziki U., Dziki D., Baraniak B.: Kielki brokuła jako źródło potencjalnie bio-przyswajalnych antyoksydantów. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012, **(45)** 3, 488-493.
- [30] Świeca M., Gawlik-Dziki U., Kowalczyk D., Złotek U.: Impact of germination time and type of illumination on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Lens culinaris* sprouts. *Sci. Hort.*, 2012, **140**, 87-95.
- [31] Thompson C.J., Pitter M.H., Ernst E.: *Trifolium pratense* isoflavones in the treatment of menopausal hot flashes. *Phytomedicine*, 2007, **14**, 153-159.
- [32] Yen G.C., Chen H.Y.: Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, **43**, 27-32.
- [33] Zieliński H., Fras J., Piskula M. A., Kozłowska H.: Witamin B₁ and B₂, dietary fiber and minerals content of *Cruciferae* sprouts. *Eur. Food Res. Technol.*, 2005, **221**, 78-83.

EFFECT OF DIFFUSE SOLAR RADIATION ON SELECTED PROPERTIES OF RED COVER SPROUTS (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

S u m m a r y

So far, red clover sprouts have been underestimated in spite of their dietary and pro-health values. The objective of the study was to determine the effect the diffuse solar radiation on the content of L-ascorbic acid and polyphenolic compounds in the germinating red clover sprouts as well as on their antioxidant activity and sensory properties. During a period of 8 days, the sprouts germinated in an automatic sprouter

with monitored microclimate parameters, in the presence and in the absence of the diffuse solar radiation. It was found that the diffuse solar radiation had a positive effect on the content of the compounds analyzed as well as on the antioxidant properties of the sprouts. Considering the sensory qualities and antioxidant potential of the sprouts, the 5th and 6th day of sprout germination was deemed to be the most beneficial for harvesting them. On those two days, the content of polyphenolic compounds in the sprouts grown in the presence of diffuse solar radiation was 2051 mg/100 g d.m, the content of L-ascorbic acid 115 mg KA/100g d.m, and the IC₅₀ coefficient 37 mg / ml. The sprouts germinating in the presence of solar radiation were characterized by a fresh, cucumber and pea fragrance, firm texture, and light green colour. It was proved that the red clover sprouts could be a valuable component of food and an appealing addition to many dishes.

Key words: red clover sprouts, polyphenols, L-ascorbic acid, antioxidant activity, DPPH 

TOMASZ KLEIBER, TOMASZ SZABLEWSKI, KINGA STUPER-SZABLEWSKA,
RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA

**OKREŚLENIE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ
MANGANU W POŻYWCIE A STĘŻENIEM PIERWIASTKÓW
ŚLADOWYCH W OWOCACH POMIDORA (*LYCOPERSICON
ESCULENTUM* MILL.)**

Streszczenie

Mangan (Mn) jest mikroskładnikiem metalicznym wykazującym właściwości oksydacyjne, a równocześnie jest metalem ciężkim. Pierwiastek ten wpływa na zmniejszenie w owocach zawartości m.in. Fe, Zn i Cu. Celem pracy była ocena wpływu zwiększania poziomu manganu w pożywce na zawartość pierwiastków metalicznych: Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni i Pb w owocach pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) wybranych odmian. Zastosowano pożywki o zawartości manganu [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]: 0,06, 0,3, 0,6, 1,2, 2,4, 4,8, 9,6 oraz 19,2. Najmniejsze stężenie ($0,06 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) było ilością niedostateczną do zaspokojenia zapotrzebowania roślin, natomiast największe ($19,2 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) stanowiło ilość nadmierną/toksyczną. Rośliny uprawiano w wełnie mineralnej z zastosowaniem fertygacji pożywką o następującym składzie chemicznym [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]: N- NH_4 – 2,2, N- NO_3 – 230, P – 50, K – 430, Ca – 145, Mg – 65, Cl – 35, S- SO_4 – 120, Fe – 2,48, Zn – 0,50, Cu – 0,07 i parametrach fizykochemicznych: pH – 5,50, EC – $3,00 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na podstawie przeprowadzonych badań utworzono szereg zawartości metali ciężkich w owocach pomidora, przy optymalnym stężeniu manganu w pożywce na poziomie $0,3 \div 0,6 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, o postaci [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]: Ba ($4,34 \div 6,18$) > Ni ($4,746 \div 5,198$) > Co ($1,014 \div 1,064$) > Pb ($0,854 \div 0,887$) > Cd ($0,379 \div 0,395$) > Cr ($0,12$) > Al ($0,066 \div 0,081$). Wykazano, że przy optymalnej zawartości składników pokarmowych w pożywce, owoce pomidora uprawianego w wełnie mineralnej są cennym źródłem niklu, kobaltu i chromu, nie stanowiąc jednocześnie zagrożenia dla zdrowia pod względem zawartości w nich kadmu i ołowiu.

Słowa kluczowe: mangan, owoce pomidora, metale ciężkie, składniki śladowe

Dr inż. T. Kleiber, Katedra Żywienia Roślin, Wydz. Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań, dr T. Szablewski, dr R. Cegielska-Radziejewska, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, dr K. Stuper-Szablewska, Katedra Chemii, Wydz. Technologii DREWNA, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 75, 60-625 Poznań;
Kontakt: tkleiber@up.poznan.pl

Wprowadzenie

W 2012 r. łączne plony warzyw uprawianych w szklarniach w Polsce wyniosły 399,2 tys. ton, w tym aż 277 tys. ton stanowiły pomidory [9]. W porównaniu z rokiem 2011 nastąpiło zwiększenie powierzchni upraw tego gatunku. Podłożem stosowanym najczęściej w intensywnej uprawie pomidorów jest wełna mineralna. Znajdują się one na pierwszym miejscu w rankingu najczęściej spożywanych warzyw. W 2011 r. ich spożycie wyniosło 10,6 kg na osobę i było większe niemal o 1,5 kg niż w roku 2010. Pomidory są cennym źródłem substancji biologicznie czynnych, takich jak: karotenoidy, witaminy C, D, K oraz witaminy z grupy B i tokoferole. Są one również cennym źródłem makro- i mikrośladników, głównie potasu (K), jak również magnezu (Mg), wapnia (Ca), żelaza (Fe), miedzi (Cu), kobaltu (Co) i manganu (Mn). Z uwagi na niską kaloryczność, zasobność w składniki biologicznie czynne oraz dużą zawartość wody są cennym składnikiem diety, a ich spożycie wpływa na obniżenie ryzyka występowania niektórych typów nowotworów [7]. Duże spożycie pomidorów, jak i ich przetworów, może równocześnie stanowić zagrożenie dla zdrowia konsumenta. Owoce są bowiem podatne na kumulowanie pozostałości środków ochrony roślin, a także metali ciężkich. Spożycie tych zanieczyszczeń ponad określoną normę ma negatywny wpływ na zdrowie.

Niektóre metale, jak: Mn, Zn, Cu, Mo w małych stężeniach pełnią funkcję mikroelementów [20]. Nikiel (Ni) jest mikrośladnikiem, który wchodzi w skład ureazy. Glin (Al) zaliczany jest do pierwiastków korzystnych, jednak jego funkcje fizjologiczne nie są jeszcze dokładnie poznane. Składnik ten antagonizuje pobieranie manganu [14]. Kobalt (Co) jest źródłem kobalaminy (witaminy B₁₂), a chrom (Cr) w diecie człowieka wzmacnia działanie insuliny oraz obniża poziom cholesterolu we krwi. Spośród mikroelementów znajdujących się w owocach pomidora wyróżnia się mangan, który, podobnie jak inne składniki żywności, wchodzi w interakcje jonowe. Mangan może utrudniać pobieranie takich pierwiastków, jak: K, Ca, Mg, Fe, Zn i Cu [14, 22]. Może również tworzyć kompleksy z białkami (PS II-białko), ligninami, flawonoidami oraz enzymami, np. Mn-katalazy, kompleksy dehydrogenaz, dekarboksylaz, hydroksylaz, kwaśnej fosfatazy, transferaz, dysmutazy (SOD) [10, 14]. Millaleo i wsp. [16] podają, że niedobór manganu, jak i jego nadmiar, oddziałują niekorzystnie na wzrost i rozwój roślin. Inne metale, jak kadm (Cd) i ołów (Pb), nie są składnikami pokarmowymi i powodują zanieczyszczenie warzyw. Na przyswajalność Cd wpływają interakcje z Zn, P, Ca i K. Kadm w funkcjach fizjologicznych może zastępować cynk, ale w przeciwieństwie do niego jest toksyczny [14]. Metale ciężkie stanowią zagrożenie dla zdrowia konsumentów ze względu na ich kumulowanie się w warzywach, a następnie w organizmie człowieka [13, 24, 30]. Szkodliwe działanie metali ciężkich wynika z możliwości hamowania lub aktywacji niektórych procesów enzymatycznych [17]. Pierwiastki śladowe akumulują się w wątrobie, nerkach, mięśniu sercowym [6],

a skutki ich działania mogą być widoczne po kilku miesiącach, a nawet latach [23]. Ze względu na duży udział pomidorów w diecie człowieka [8], szczególnie istotne jest określenie zawartości w nich pierwiastków metalicznych.

Celem pracy była ocena wpływu zwiększania poziomu manganu w pożywce na zawartość pierwiastków metalicznych: Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni i Pb w owocach pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) wybranych odmian.

Material i metody badań

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono w latach 2010 - 2012 w szklarni Katedry Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Materiałem doświadczalnym były pomidory (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odmian: 'Alboney F₁' i 'Emotion F₁'. Doświadczenie wykonywano w układzie dwuczynnikowym (czynnik A: stężenie manganu, czynnik B: odmiana) w 4 powtórzeniach. Na jednym poletku uprawiano 4 rośliny.

Rośliny uprawiano z zastosowaniem fertygacji w systemie zamkniętym bez recyrkulacji. Skład chemiczny wody wodociągowej, na bazie której przygotowano pożywki do fertygacji roślin był następujący [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]: N-NH₄ – ilość śladowa, N-NO₃ – 3,7, P-PO₄ – 0,3, K – 1,8, Ca – 57,3, Mg – 13,4, S-SO₄ – 58,3, Na – 22,7, Cl – 42,2, Fe – 0,08, Mn – 0,06, Zn – 0,50, Cu – ilość śladowa, B – 0,011, Mo – ilość śladowa, HCO₃ – 277,5; pH – 7,00, EC – 0,735 mS·cm⁻¹. Do fertygacji stosowano pożywkę standardową o następującym składzie chemicznym [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]: N-NH₄ – 2,2, N-NO₃ – 230, P – 50, K – 430, Ca – 145, Mg – 65, Cl – 35, S-SO₄ – 120, Fe – 2,48, Zn – 0,50, Cu – 0,07 i parametrach fizykochemicznych: pH – 5,50, EC – 3,00 mS·cm⁻¹. Przeprowadzono dwa doświadczenia. W pierwszym (lata 2010 - 2011) wodny roztwór manganu (w postaci MnSO₄·H₂O o zawartości 32,3 % Mn) przygotowywano i dodawano indywidualnie do poszczególnych zbiorników na poziomie 0,3, 0,6 i 1,2 mg·dm⁻³. Zawartość manganu wynosząca 0,06 mg·dm⁻³ odpowiadała zawartości tego składnika w roztworze wodnym stosowanym do fertygacji. W doświadczeniu II (rok 2012) dodawano większe ilości manganu: 2,4, 4,8, 9,6 i 19,2 mg·dm⁻³. System fertygacji sterowany był komputerowo. W okresie intensywnego wzrostu i plonowania roślin (VI - VIII), dobowe zużycie pożywki wynosiło 3,0 - 3,5 dm³ na jedną roślinę, w 10 - 20 dawkach pojedynczych, przy zastosowaniu wycieku nadmiaru pożywki z maty na poziomie 20 - 30 %. Nadmiar pożywki zbierano i przeznaczano do rozdeszczowania na trawnikach.

W trakcie doświadczeń wegetacyjnych, w ostatniej dekadzie sierpnia każdego z lat badań, pobierano reprezentatywne próby owoców. Zebrane pomidory suszono w temp. 45 - 50 °C, a następnie mielono. W owocach pomidorów wybranych odmian oznaczano zawartość pierwiastków metalicznych: Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, metodą spektrometrii absorpcji atomowej (AAS), z wykorzystaniem spektrometru AA Varian

Spectra AA 200 Plus (Agilent Technologies, Mulgrave, Victoria, Australia). Stosowano jednopierwiastkowe lampy katodowe HCL firm Varian oraz Perkin Elmer. W przypadku każdego z metali wykonywano procedurę optymalizacji warunków oznaczania.

Wyniki analiz chemicznych poddano analizie statystycznej testem Duncana, wnioskując na poziomie istotności $p = 0,05$. Obliczenia wykonano w programie Statobl.

Wyniki i dyskusja

Glin. Oznaczona w owocach pomidora zawartość glinu wynosiła od 0,23 do 0,81 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., w zależności od odmiany roślin i stężenia manganu w pożywce (tab. 1). Wraz ze zwiększającą się ilością manganu w pożywce stosowanej do fertygacji obserwowano zmniejszanie się ilości badanego pierwiastka w pomidorach. Podczas optymalnego plonowania roślin (przy zawartości Mn – 0,3 ÷ 0,6 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ pożywki) poziom glinu w owocach kształtował się w zakresie 0,66 ÷ 0,81 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., przy czym w przypadku Mn - 0,6 był istotnie ($p \leq 0,05$) wyższy. W większości zastosowanych stężeń Mn w pożywce odmiana nie modyfikowała zawartości glinu w owocach pomidora.

Bar. Wraz ze wzrostem stężenia manganu w pożywce, w owocach pomidora stwierdzono istotne ($p \leq 0,05$) zmniejszenie zawartości baru (tab. 1). W przypadku obu odmian największą zawartość badanego pierwiastka (średnio 14,11 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) oznaczono w owocach pomidorów rosnących na pożywce bez udziału manganu. Istotnie ($p \leq 0,05$) mniejszą zawartość baru wykazano, gdy stężenie manganu w pożywce wynosiło 0,3 ÷ 1,2 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Nie stwierdzono statystycznie istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu poziomu manganu zastosowanego w doświadczeniu II na zawartość badanego pierwiastka w owocach pomidora. W przypadku ilości manganu polecanych w praktyce uprawowej, owoce pomidora zawierały średnio 4,34 ÷ 6,18 mg baru w 1 kg s.m. W przypadku większości zastosowanych stężeń manganu w pożywce nie stwierdzono wpływu odmiany pomidorów na zawartość baru w ich owocach.

Kadm. Oznaczona w owocach pomidora zawartość kadmu (0,38 ÷ 0,41 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) nie różniła się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$), niezależnie od zastosowanego stężenia manganu w pożywce i odmiany warzywa. W zależności od stosowanego do uprawy podłoża, owoce pomidora mogą zawierać od 0,29 do 0,38 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. [5]. W badaniach dotyczących pobierania kadmu, w uprawie pomidora prowadzonej w torfie, zawartość pierwiastka w próbie kontrolnej była zbliżona do oznaczonej w badaniach własnych i wynosiła 0,44 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. [28]. Przy zastosowaniu dawki kadmu na poziomie 50 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ podłoża, w owocach pomidora stwierdzono istotny wzrost zawartości metalu do 7,10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Autorzy [11] podają, że w owocach zawartość kadmu jest 14 - 16 razy mniejsza niż w liściach. Znacznie mniejszą zawartość

Tabela 1. Zawartość glinu, baru, kadmu i ołowiu w owocach pomidora, determinowana zawartością manganu w pożywkce [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m].Table 1. Content of aluminium, barium, cadmium, and lead in tomato fruits as determined by content of manganese in nutrient solution [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m].

Odmiana pomidorów Tomato cultivar	Warianty doświadczenia / Variants of experiment							
	Doświadczenie I / Experiment I				Doświadczenie II / Experiment II			
	Mn-0	Mn-0,3	Mn-0,6	Mn-1,2	Mn-2,4	Mn-4,8	Mn-9,6	Mn-19,2
Al								
‘Alboney F ₁ ’	0,053 ^b	0,068 ^c	0,081 ^d	0,032 ^a	0,044 ^{cd}	0,025 ^{ab}	0,019 ^a	0,052 ^d
‘Emotion F ₁ ’	0,084 ^d	0,064 ^c	0,083 ^d	0,053 ^b	0,048 ^d	0,033 ^b	0,026 ^{ab}	0,034 ^{bc}
$\bar{x}$	0,069 ^B	0,066 ^B	0,081 ^C	0,042 ^A	0,046 ^B	0,029 ^A	0,023 ^A	0,042 ^B
s / SD	0,017	0,004	0,003	0,012	0,005	0,004	0,006	0,012
Ba								
‘Alboney F ₁ ’	20,65 ^c	5,55 ^b	6,97 ^b	2,57 ^a	3,88 ^b	3,67 ^{ab}	3,80 ^{ab}	3,65 ^{ab}
‘Emotion F ₁ ’	7,58 ^b	3,14 ^a	5,39 ^b	7,26 ^b	3,64 ^{ab}	3,56 ^{ab}	3,46 ^a	3,46 ^a
$\bar{x}$	14,11 ^C	4,34 ^A	6,18 ^B	4,91 ^{AB}	3,76 ^A	3,62 ^A	3,64 ^A	3,56 ^A
s / SD	7,23	1,98	1,38	2,74	0,28	0,16	0,22	0,18
Cd								
‘Alboney F ₁ ’	0,379 ^a	0,393 ^a	0,372 ^a	0,368 ^a	0,413 ^a	0,407 ^a	0,402 ^a	0,400 ^a
‘Emotion F ₁ ’	0,406 ^a	0,396 ^a	0,385 ^a	0,400 ^a	0,393 ^a	0,394 ^a	0,407 ^a	0,398 ^a
$\bar{x}$	0,392 ^A	0,395 ^A	0,379 ^A	0,384 ^A	0,403 ^A	0,400 ^A	0,405 ^A	0,399 ^A
s / SD	0,025	0,004	0,014	0,032	0,014	0,009	0,007	0,007
Pb								
‘Alboney F ₁ ’	0,906 ^c	0,866 ^{ab}	0,855 ^{ab}	0,857 ^{ab}	0,846 ^a	0,837 ^a	0,841 ^a	0,830 ^a
‘Emotion F ₁ ’	0,911 ^c	0,907 ^c	0,853 ^a	0,875 ^b	0,829 ^a	0,830 ^a	0,837 ^a	0,836 ^a
$\bar{x}$	0,908 ^C	0,887 ^B	0,854 ^A	0,866 ^A	0,837 ^A	0,833 ^A	0,839 ^A	0,833 ^A
s / SD	0,009	0,024	0,009	0,018	0,014	0,010	0,019	0,017

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x}$ - wartość średnia / mean value, s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; Mn-0, Mn-0,3, Mn-0,6, Mn-1,2, Mn-2,4, Mn-4,8, Mn-9,6, Mn-19,2 – oznaczenia prób z pożywkami zawierającymi mangan w ilościach, odpowiednio [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]: 0,0, 0,3, 0,6, 1,2, 2,4, 4,8, 9,6 i 19,2 / figures to denote samples with nutrient solutions containing respective manganese amounts [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]: 0,0, 0,3, 0,6, 1,2, 2,4, 4,8, 9,6 and 19,2; A - C – wartości średnie oznaczone różnymi dużymi literami w rzędach różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) (oddzielnie dla każdego doświadczenia) / mean values denoted by different capital letters in rows differ statistically significantly ($p \leq 0,05$) (separately for each of experiments); a - d - wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami różnią się istotnie ($p \leq 0,05$) (oddzielnie dla każdego doświadczenia) / mean values denoted by different small letters differ statistically significantly at ($p \leq 0,05$) (separately for each of experiments).

kadmu ($0,03 \pm 0,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) oznaczono w pomidorach uprawianych w glebie. W uprawie roślin w glebie mineralnej, nieskażonej kadmem, w pomidorach oznaczono go $0,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., natomiast w podłożu gleby mineralnej i kory – $0,38 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. [4]. Stwierdzono, że dodatek do podłoża węgla brunatnego zmniejsza zawartość kadmu

w owocach do $0,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Osma i wsp. [19] podają, że zawartość kadmu w owocach pomidora kształtuje się w zakresie $0,17 \div 0,40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ W pomidorach uprawianych na terenie Poznania stwierdzono, że kadmu było średnio $0,44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (maksymalnie $0,68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) [29]. Znacznie więcej kadmu w owocach pomidora ($3,8 \div 4,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oznaczyli Adefemi i Awokunmi [1]. W przypadku innych warzyw zawartość kadmu jest znacznie zróżnicowana. W sałacie i rzodkiewce oznaczono go odpowiednio: $1,10$ i $1,65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [4]. W papryce stwierdzono $0,39 \text{ mg}$ kadmu w 1 kg s.m. , w ogórkach – $0,24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, w sałacie – $0,55 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [29]. Oznaczone zawartości kadmu w owocach pomidora uprawianego amatorsko w ogrodach działkowych wyniosły $0,11 \div 1,38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m.}$ [26]. Można stwierdzić, że zawartość kadmu oznaczona w badaniach własnych zawierała się w dolnym zakresie podawanym przez wymienionych autorów.

Ołów. Stwierdzono, że w doświadczeniu I zawartość ołowiu w owocach pomidora była zróżnicowana w zależności od stężenia manganu w pożywce (tab. 1). Nie wykazano natomiast statystycznie istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu stężenia manganu w pożywce w zakresie $2,4 \div 19,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ na zawartość ołowiu w pomidorach. Najmniej tego pierwiastka ($0,833 \div 0,839 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) zawierały pomidory uprawiane w doświadczeniu II przy wyższych poziomach manganu w pożywce. Zbliżoną zawartość ołowiu w owocach pomidora, wynoszącą $0,97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, oznaczyli Tyksiński i wsp. [29]. Maksymalna zawartość ołowiu oznaczona przez wspomnianych autorów wynosiła $3,87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ W zależności od podłoża stosowanego do uprawy, owoce pomidora mogą zawierać ołów od $1,24$ do $1,61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [5]. Zawartość Pb w jadalnych częściach roślin uprawianych na terenach niezanieczyszczonych przez antropopresję wynosi $0,05 \div 3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [25]. Inni autorzy oznaczyli w owocach pomidorów znacznie więcej ołowiu $-2,45 \div 4,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [18] oraz $4,31 \div 5,51 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [19]. Wysoki poziom ołowiu w owocach pomidorów wykazali Jamal Khan i wsp. [11] – $3,33 \div 9,60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ oraz Adefemi i Awokunmi [1] – $9,0 \div 9,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$. Tymczasem w owocach pomidorów uprawianych w warunkach szklarniowych oznaczono mniej ołowiu (średnio $0,16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) [15]. W innych warzywach zawartość Pb jest zróżnicowana. W selerze uprawianym amatorsko oznaczono $0,81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ołowiu [26]. Więcej Pb było w [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$]: papryce – $1,15$, ogórkach – $1,29$ i sałacie – $1,74$ [29].

Kobalt. Zawartość kobaltu w pomidorach zawierała się w zakresie $0,846 \div 1,079 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (tab. 2). Wraz ze wzrostem stężenia manganu w pożywce, w owocach stwierdzono zmniejszanie się zawartości badanego pierwiastka. Nie wykazano natomiast wpływu odmiany pomidorów na zawartość kobaltu. W przypadku stężeń manganu w pożywkach, zalecanych do uprawy pomidorów, zawartość kobaltu w owocach wynosiła $1,014 \div 1,064 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Znacznie mniej kobaltu, na poziomie $0,03 \div 0,07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, oznaczyli Nwajei i wsp. [18]. Adefemi i Awokunmi [1] podają

natomiast znacznie wyższy poziom kobaltu w owocach pomidorów – $5,5 \div 6,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Tabela 2. Zawartość kobaltu, chromu i niklu w owocach pomidora, determinowana zawartością manganu w pożywce [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$].

Table 2. Content of cobalt, chromium, and nickel in tomato fruits as determined by manganese content in nutrient solution [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$].

Odmiana pomidorów Tomato cultivar	Warianty doświadczenia / Variants of experiment							
	Doświadczenie I / Experiment I				Doświadczenie II / Experiment II			
	Mn-0	Mn-0,3	Mn-0,6	Mn-1,2	Mn-2,4	Mn-4,8	Mn-9,6	Mn-19,2
Co								
‘Alboney F ₁ ’	1,074 ^{bc}	1,060 ^b	1,008 ^a	1,016 ^a	0,908 ^c	0,824 ^a	0,852 ^{ab}	0,871 ^{bc}
‘Emotion F ₁ ’	1,085 ^c	1,068 ^{bc}	1,019 ^a	1,032 ^a	0,868 ^{abc}	0,868 ^{abc}	0,889 ^{bc}	0,861 ^{ab}
$\bar{x}$	1,079 ^B	1,064 ^B	1,014 ^A	1,023 ^A	0,888 ^B	0,846 ^A	0,870 ^{AB}	0,866 ^{AB}
s / SD	0,015	0,012	0,015	0,024	0,038	0,038	0,032	0,016
Cr								
‘Alboney F ₁ ’	0,12 ^a	0,12 ^a	0,12 ^a	0,12 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,14 ^a
‘Emotion F ₁ ’	0,12 ^a	0,13 ^a	0,12 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a
$\bar{x}$	0,12 ^A	0,12 ^A	0,12 ^A	0,12 ^A	0,13 ^A	0,13 ^A	0,13 ^A	0,13 ^A
s / SD	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003
Ni								
‘Alboney F ₁ ’	3,085 ^a	5,249 ^b	4,899 ^b	5,041 ^b	4,018 ^b	4,054 ^{bc}	4,111 ^c	2,073 ^a
‘Emotion F ₁ ’	3,214 ^a	4,244 ^{ab}	5,498 ^b	5,637 ^b	3,998 ^b	4,040 ^b	2,031 ^a	2,052 ^a
$\bar{x}$	3,149 ^A	4,746 ^B	5,198 ^B	5,339 ^B	4,008 ^C	4,047 ^C	3,071 ^B	2,063 ^A
s / SD	0,441	1,084	0,562	0,928	0,035	0,032	1,140	0,024

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

Chrom. Zawartość chromu w owocach pomidora była stabilna i wynosiła $0,12 \div 0,13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (tab. 2). Zbliżoną zawartość chromu – $0,1 \div 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}^{-1}$ stwierdzono we wcześniejszych badaniach [18]. Nie wykazano statystycznie istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu zastosowanego stężenia manganu w pożywce, jak również odmiany pomidorów na zawartość badanego pierwiastka. W zależności od podłoża stosowanego do uprawy owoce pomidora mogą zawierać chrom w ilości od 2,07 do $2,19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [5]. Bosiacki i Roszyk [3] oznaczyli zawartość chromu w owocach pomidora w zakresie $0,06 \div 1,70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, przy średniej – $0,87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Zbliżoną zawartość chromu – $0,06 \div 1,70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ oznaczono w owocach ogórka. W liściach sałaty stwierdzono $1,34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, natomiast w korzeniach marchwi – $0,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [3]. Kowalczyk i wsp. [15] w pomidorach uprawianych w szklarni oznaczyli więcej chromu (średnio $0,22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Pomidory uprawiane w glebie mineralnej mogą zawierać znacznie więcej chromu w owocach ($0,21 \div 0,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) [11]. Jeszcze więcej chromu ($7,2 \div 10,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oznaczyli w owocach pomidora Adefemi

i Awokunmi [1]. Z kolei Osma i wsp. [19] podają szerszy zakres zawartości tego pierwiastka w owocach pomidora, wynoszący $0,94 \div 5,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

Nikiel. Zawartość niklu w owocach pomidora kształtowała się na poziomie $2,063 \div 5,339 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. W doświadczeniu I, w miarę zwiększania stężenia manganu w pożywce, stwierdzono wzrost zawartości niklu w badanych próbkach. Odminną tendencję wykazano w doświadczeniu II, w którym przy największym stężeniu manganu w pożywce oznaczono najmniej niklu w pomidorach (tab. 2). Jedynie w przypadku zastosowania pożywki z manganem na poziomie $9,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wykazano statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) wpływ odmiany pomidorów na zawartość niklu w ich owocach. Badania własne potwierdzają wcześniejsze badania, według których zawartość niklu w roślinach mieści się w zakresie $0,05 \div 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. [25]. Inni autorzy podają, że zawartość niklu w owocach pomidora i ogórka kształtuje się odpowiednio w zakresie [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.]: $0,003 \div 0,57$ i $0,003 \div 0,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. [3]. Więcej niklu oznaczono w kapuście – $0,21 \div 30,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (średnio $5,43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) i w sałacie – $2,89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. ($0,07 \div 10,12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Mniej tego pierwiastka oznaczyli Nwajei i wsp. [18] w owocach pomidora ($1,10 \div 2,31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Szerszy zakres zawartości niklu w owocach pomidora ($1,02 \div 11,64 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) wykazali Osma i wsp. [19]. Adefemi i Awokunmi [1] podali, że w owocach pomidora było niklu $1,9 \div 2,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Również mniejszą, od oznaczonej w badaniach własnych, zawartość niklu ($0,69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) wykazali Kowalczyk i wsp. [15]. Wskazuje się, że zawartość niklu w owocach pomidora, w zależności od stosowanych zabiegów agrotechnicznych, może mieścić się w zakresie $4,67 \div 8,33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. [11].

Według FAO/WHO dopuszczalna ilość metali pobieranych z żywnością w ciągu tygodnia wynosi w przypadku ołowiu 3 mg, a kadmu – 0,5 mg, jednak zalecane spożycie nie powinno przekraczać 1/5 tej dawki [27]. Opracowane przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) i zmodyfikowane przez innych autorów normy zalecanego dziennego spożycia pierwiastków przez człowieka o masie 70 kg wynoszą: w przypadku niklu (Ni) – $25 \div 35 \text{ } \mu\text{g}$, chromu (Cr) – $50 \div 200 \text{ } \mu\text{g}$, ołowiu (Pb) – $415 \div 550 \text{ } \mu\text{g}$ i kadmu (Cd) – $57 \div 71 \text{ } \mu\text{g}$ [2, 12].

Dokonując oceny uzyskanych wyników, należy mieć na uwadze rozporządzenie Komisji UE nr 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r., zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006, ustalające najwyższe dopuszczalne ilości niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. W przypadku Cd jest to $0,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy, a Pb – $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. [21]. Zawartość obu metali w owocach pomidorów uprawianych przy optymalnym poziomie manganu w pożywce – po uwzględnieniu zawartości w nich suchej masy – nie przekraczała tych wartości.

Na podstawie przeprowadzonych badań utworzono szereg zawartości metali ciężkich w owocach pomidora, przy optymalnych stężeniach manganu w pożywce na poziomie $0,3 \div 0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, o postaci [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.]: Ba ($4,34 \div 6,18$) > Ni ($4,746 \div$

5,198) > Co (1,014 ÷ 1,064) > Pb (0,854 ÷ 0,887) > Cr (0,12) > Al (0,066 ÷ 0,081). Inni autorzy [19] podają, że szereg ten przedstawia się następująco: Ni > Cr > Pb > Al.

Wnioski

1. Zastosowanie wzrastających stężeń manganu w pożywce używanej w uprawie pomidorów w welnie mineralnej istotnie ($p \leq 0,05$) modyfikowało zawartość glinu, baru, niklu, kobaltu i ołowiu w owocach pomidora, nie wpływało jednocześnie na zawartość w nich chromu i kadmu.
2. Przy optymalnej zawartości składników pokarmowych w pożywce (określonej stężeniem hydroponicznym), wynoszącej w przypadku manganu $0,3 \div 0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (w zależności od odmiany), owoce pomidora są cennym źródłem niklu, kobaltu oraz chromu i nie stanowią zagrożenia pod względem zawartości w nich metali ciężkich: kadmu i ołowiu. Zawartość tych metali była zbliżona do zawartości oznaczonych w uprawach prowadzonych w substracie torfowym.

Literatura

- [1] Adefemi O.S., Awokunmi E.E.: Uptake of heavy metals by tomato (*Lycopersicum esculentus*) grown on soil collected from dumpsites in Ekiti State, South West, Nigeria. Int. J. Chem., 2013, **5** (3), 70-75.
- [2] Bielicka A., Rylko E., Bojanowska I.: Zawartość pierwiastków metalicznych w glebach i warzywach z ogrodów działkowych Gdańska i okolic. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 2009, **40**, 209-216.
- [3] Bosiacki M., Roszyk J.: Zawartość niklu i chromu w częściach jadalnych wybranych warzyw mineralizowanych dwiema metodami. Bromat., Chem. Toksykol., 2012, **XIV** (2), 125-130.
- [4] Bosiacki M., Tyksiński W.: Cadmium content in the edible parts of vegetables depending on carbon dynamics in horticultural substrates. Poznańskie Tow. Przyjaciół Nauk. Wyd. Nauk Rol. i Leśn., 2003, **95**, 253-263.
- [5] Castaldi P., Melis P.: Growth and yield characteristics and heavy metals content on tomatoes grown in different growing media. Commun. Soil Sci. Plant Analys., 2004, **35** (1-2), 85-98.
- [6] Czarnowska K., Gworek B.: Pierwiastki śladowe w warzywach liściowych i owocach z ogrodów działkowych dzielnicy Warszawa-Mokotów. Roczn. Glebozn., 1994, **XLV** (1/2), 37-43.
- [7] Giovannucci E.: A review of epidemiologic studies of tomatoes, lycopene and prostate cancer. Exper. Biol. Med., 2002, **227**, 852-859.
- [8] GUS. Sytuacja gospodarstw domowych w 2011 r. w świetle wyników badania budżetów gospodarstw domowych. Warszawa 2012, ss. 1-20.
- [9] Wyniki produkcji roślinnej w 2012 roku [online]. GUS Dostęp w Internecie [06.02.2014.]: http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xber/gus/RL_wyniki_produkcji_roslinnej_2012.pdf
- [10] Humphries J.M., Stangoulis J.C.R., Graham R.D.: Manganese w: Handbook of Plant Nutrition (Ed.) A.V. Barker, D.J. Pilbeam. Taylor & Francis Group. Boca Raton, Floryda, 2007, pp. 351-374.
- [11] Jamal Khan M., Tariq Jan M., Farhatullah, Ullah Khan N., Arif M., Perveen S., Alam S., Ullah Jan A.: The effect of using waste water for tomato. Pak. J. Bot., 2011, **43** (2), 1033-1044.
- [12] Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1999.

- [13] Kachenko A.G., Singh B.: Heavy metals contamination in vegetables grown in urban and metal smelter contaminated sites in Australia. *Water Air Soil Poll.*, 2006, **169**, 101-123.
- [14] Komosa A. (Red.), W. Breś., A. Golcz., Komosa A., Kozik E.: Żywnienie roślin ogrodnich. Podstawy i perspektywy. PWRiL 2012, ss.19-380.
- [15] Kowalczyk J., Borkowska-Burnecka J., Cieslak K.: Heavy metals accumulation in greenhouse tomatoes. *Acta Hort.*, 2003, **613**, 57-60.
- [16] Millaleo R., Reyes-Díaz M., Ivanov A.G., Mora M.L., Alberdi M.: Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 2010, **10** (4), 476-494.
- [17] Miteva E., Maneva S., Hristova D., Bojinova P.: Heavy metal accumulation in virus-infected tomatoes. *J. Phytopathol.*, 2001, **149**, 179-184.
- [18] Nwajei G.E., Okwagi P., Nwajei R.I., Obi-Iyeke G.E.: Analytical assessment of trace elements in soils, tomato leaves and fruits in the Vicinity of Paint Industry. *Nigeria Res. J. Rec. Sci.*, 2012, **1** (4), 22-26.
- [19] Osma E., Ozyigit I.I., Leblebici Z., Goksel D., Serin M.: Determination of heavy metal concentrations in tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) grown in different station types. *Rom. Biotech. Lett.*, 2012, **17** (1), 6962-6974.
- [20] Ouziada F., Hilderbrandt U.E., Schmelzer B.H.: Differential gene expressions in arbuscular mycorrhizal-colonized tomato grown under heavy metal stress. *J. Plant Physiol.*, 2005, **162**, 634-649.
- [21] Rozporządzenie Komisji UE NR 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. *Dz. Urz. UE Nr L* 111 z dnia 30 kwietnia 2011 r.
- [22] Savvas D., Papastavrou D., Ntatsi G., Ropokis A., Olympios C.: Interactive effects of grafting and manganese supply on growth, yield, and nutrient uptake by tomato. *Hortsci.*, 2009, **44** (7), 1978-1982.
- [23] Seńczuk W.: Toksykologia współczesna. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2005.
- [24] Sharma O., Bangar P., Rajesh Jain K.S., Sharma P.K.: Heavy metals accumulation in soils irrigated by municipal and industrial effluent. *J. Env. Sci. Eng.*, 2004, **46** (1), 65-73.
- [25] Srinivas N., Ramakrishna R., Suresh Kumar K.: Trace metal accumulation in vegetables grown in industrial and semi-urban areas – a case study. *App. Ecol. Environ. Res.*, 2009, **7** (2), 131-139.
- [26] Szwałec A., Mundała P.: Zawartość Cd, Pb, Zn i Cu w warzywach korzeniowych uprawianych w wybranych ogrodach działkowych Krakowa. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2012, **53**, 31-40.
- [27] Tuzen M., Ozdemir M., Demirbas A.: Study of heavy metals in some cultivated and uncultivated mushrooms of Turkish origin. *Food Chem.*, 1998, **63** (2), 247-251.
- [28] Tyksiński W., Bosiacki M., Budzik M.: Wpływ kadmu na jakość owoców pomidora i ich stan odżywienia. *Rocz. AR w Poznaniu, CCCLXXIX, Ogrodnictwo* 2006, **40**, 67-75.
- [29] Tyksiński W., Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E., Roszyk J.: Zawartość ołowiu, kadmu i innych metali ciężkich w warzywach uprawianych na obszarze Poznania. *Biuletyn Warzywniczy, Instytut Warzywnictwa, Skierniewice* 1993, **XL**, 25-31.
- [30] Vousta, D., Gramanis, A., Samara C.: Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. – *Environ. Pollut.*, 1996, **94**, 325-335.

**DETERMINATION OF CORRELATIONS BETWEEN CONTENT OF MANGANESE IN
NUTRIENT SOLUTION AND CONCENTRATION OF TRACE ELEMENTS IN TOMATO
FRUITS (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.)**

S u m m a r y

Manganese (Mn) is a metallic micronutrient showing oxidative properties and, concurrently, a heavy metal. This element causes the contents of Fe, Zn, and Cu in the fruits to decrease. The objective of the research was to assess the effect of increasing the manganese level in a nutrient solution on the content of metallic elements: Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, and Pb in selected varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Nutrient solutions were used that contained the following amount of manganese (expressed in $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): 0.06, 0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6, and 19.2. At the lowest manganese concentration level (0.06 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), the amount thereof was insufficient to meet the demand of plants, whereas the highest concentration level (19.2 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) was an excessive/toxic amount. The plants were grown in mineral wool and fertigated with a nutrient solution composed of the following chemical substances (their amount expressed in $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): N- NH_4 – 2.2; N- NO_3 – 230; P – 50; K – 430; Ca – 145; Mg – 65; Cl – 35; S- SO_4 – 120; Fe – 2.48; Zn – 0.50; Cu – 0.07; pH – 5.50; and EC – 3.00 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Based on the authors' own studies, heavy metal concentration levels in tomato fruits were arrayed in a series, with the optimal manganese concentration level in the nutrient solutions ranging from 0.3 to 0.6 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; the series created was as follows [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.]: Ba (4.34 $\div$ 6.18) > Ni (4.746 $\div$ 5.198) > Co (1.014 $\div$ 1.064) > Pb (0.854 $\div$ 0.887) > Cd (0.379 $\div$ 0.395) > Cr (0.12) > Al (0.066 $\div$ 0.081). It was proved that the tomato fruits, grown in mineral wool, were a valuable source of nickel, cobalt, and chromium provided, however, the contents of nutrients in the nutrient solution were optimal; additionally, the content of cadmium and lead in those tomato fruits constituted no health risk.

Key words: manganese, tomato fruits, tomato, heavy metals, trace elements 

ANNA CZAJKOWSKA, MAGDALENA GAJEWSKA, BEATA BARTODZIEJSKA

ADAPTACJA METODY IC-DAD Z WŁASNĄ MODYFIKACJĄ PRZYGOTOWANIA PRÓBEK DO OZNACZANIA ZAWARTOŚCI AZOTANÓW(III) I AZOTANÓW(V) W PRODUKTACH SPOŻYWCZYCH

Streszczenie

Do oznaczenia zawartości azotanów(III) i azotanów(V) w wybranych produktach spożywczych zastosowano metodę chromatografii jonowej (IC) bez tłumienia przewodnictwa, z detekcją fotodiodową (DAD). Materiałem doświadczalnym była woda źródłana przeznaczona do spożycia, świeże warzywa oraz produkty mięsne. Zmodyfikowano metodę przygotowania próbek do analizy poprzez pominięcie etapów ich oczyszczania i odbiałczania oraz dopracowanie procesu ekstrakcji. Równocześnie dobrano optymalne warunki rozdziału chromatograficznego. Granice wykrywalności azotanu(III) sodu i azotanu(V) sodu metodą IC-DAD wyniosły odpowiednio: 0,02 i 0,05 mg·kg⁻¹. Z kolei granice oznaczalności azotanów (III) i (V) to odpowiednio: 0,06 i 0,15 mg·kg⁻¹. Na podstawie badań własnych oraz wyników badań międzylaboratoryjnych stwierdzono, że metoda opracowana na bazie techniki IC-DAD może mieć zastosowanie do oznaczania zawartości azotanów(III) oraz azotanów(V) w produktach spożywczych. Metoda po adaptacji własnej umożliwia oznaczenie azotanów (III) i (V) z precyzją ≤ 5 % i z odzyskiem 90 – 110 %. Opracowana metoda jest na tyle uniwersalna, że może być stosowana do analizy złożonych matryc żywnościowych, jako alternatywa klasycznych metod spektrofotometrycznych.

Słowa kluczowe: azotany(III), azotany(V), IC-DAD, produkty spożywcze, przygotowanie próbek do badań, warunki rozdziału chromatograficznego

Wprowadzenie

Azotany(III) i azotany(V) mogą występować w środkach spożywczych oraz w wodzie. Największym źródłem azotanów(V) w żywności są warzywa [15]. Występowanie w roślinach pewnych ilości azotanów jest zjawiskiem normalnym, ponieważ stanowi konsekwencję naturalnego obiegu azotu w przyrodzie, ale może też być wyni-

Mgr A. Czajkowska, mgr inż. M. Gajewska, dr B. Bartodziejska, Zakład Jakości Żywności, Oddział Chłodnictwa i Jakości Żywności, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, al. M. J. Piłsudskiego 84, 92-202 Łódź. Kontakt: anna.czajkowska@och-ibprs.pl

kiem nadmiernego stosowania nawozów [3, 7]. Azotany występują również w surowcach pochodzenia zwierzęcego w wyniku skarmiania zwierząt hodowlanych paszą z dodatkiem związków azotowych i pojenia ich wodą pitną. Mogą być także celowo stosowane w przetwórstwie mięsnym, np. azotany(III) w celu nadania pożądanych właściwości sensorycznych, a także jako związki działające przeciwutleniająco i hamująco na drobnoustroje patogenne [6]. Azotany(V) nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia konsumenta [7]. Szkodliwe dla zdrowia są natomiast azotany(III) [1, 2, 16]. Zgodnie z zaleceniami FAO/WHO dopuszczalne dzienne spożycie (ADI – *Acceptable Daily Intake*) azotanów(V), w postaci azotanu(V) sodu, nie powinno przekraczać 5 mg/kg masy ciała, a azotanów(III), w postaci azotanu(III) sodu – 0,2 mg/kg masy ciała [4]. W ustawodawstwie europejskim także ustalono najwyższe dopuszczalne poziomy tych związków w niektórych środkach spożywczych [14].

Do oznaczania zawartości azotanów w wodzie i w żywności stosuje się głównie metody kolorymetryczne oraz chromatograficzne. Metoda kolorymetryczna bazuje na reakcji Griessa. Zasada oznaczenia polega na dwuazowaniu azotanu(III) z sulfanilamidem (odczynnik Griessa I) i połączeniu z N-1-naftylodiaminą (odczynnik Griessa II). W wyniku reakcji powstaje czerwono-fioletowy związek dwuazowy, którego natężenie barwy mierzy się spektrofotometrycznie. Oznaczenie zawartości azotanów(V) przeprowadza się w podobny sposób, po uprzedniej redukcji metalicznym kadmem jonów NO_3^- do NO_2^- . Metoda ta jest zalecana w większości Polskich Norm, w przypadku produktów mięsnych garmazeryjnych, warzyw oraz wody [8, 9, 10]. Stosowanie tej metody wymaga jednak odrębnych norm dla matryc żywnościowych, różniących się m.in. zastosowanymi odczynnikami do wywoływania reakcji barwnej oraz wykonywaniem pomiarów przy różnych długościach fali. Wszystkie oznaczenia polegające na pomiarze barwy związków diazoniowych są bardzo czasochłonne, toksyczne ze względu na stosowane odczynniki oraz mało czułe w stosunku do oznaczanych analitów. Drugą metodą stosowaną do oznaczania azotanów w środkach spożywczych jest pomiar spektrometryczny po enzymatycznej redukcji azotanów(V) do azotanów(III) [12]. W wodnym ekstrakcie próbki mierzy się spektrometrycznie ilość NADPH (dinuekleotydu nikotynoamidoadeninowego) zużytego podczas reakcji, gdzie ilość NADPH jest równoważna ilości azotanów.

Kolejną techniką mającą zastosowanie do analizy zawartości azotanów w żywności jest chromatografia cieczowa. Procedury oznaczania azotanów (III) i (V) metodami chromatograficznymi, opisane w polskich normach, obejmują ekstrakcję azotanów z artykułów spożywczych gorącą wodą i usunięcie substancji interferujących metodą klarowania odczynnikami Carreza lub oczyszczania w kolumnach ekstrakcyjnych z fazą stałą (SPE) [11]. Oznaczenie wykonuje się techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) w odwróconym układzie faz z detekcją UV lub metodą jonowymiennej chromatografii cieczowej (IC) z detekcją konduktometryczną [11, 13].

Chromatografia jonowa (IC), jako metoda analityczna, jest przede wszystkim stosowana do badania wód i ścieków. Jej zakres rozszerza się jednak o nowe rodzaje próbek i matryc, takich jak produkty spożywcze [5]. Trudności związane z analizą próbek żywności metodą IC związane są przede wszystkim ze złożoną matrycą tego rodzaju próbek i koniecznością odpowiedniego ich przygotowania. Najczęstszym rodzajem detekcji stosowanym w IC jest detekcja konduktometryczna. Taki rodzaj detekcji wymaga często zastosowania supresji jonów, czyli tłumienia przewodnictwa tła za pomocą supresora. Dodatkowo, często podczas analizy próbek o złożonych matrycach i o dużej zawartości np. jonów Cl^- trudne lub wręcz niemożliwe jest jednoczesne oznaczenie jonów, które występują na niższych poziomach stężeń np. NO_2^- lub Br^- . Innym rodzajem detektora stosowanym w IC jest detektor UV lub z matrycą diodową (DAD). Dzięki absorpcji oznaczanego jonu z zastosowaniem detektora UV możliwe jest bezpośrednie oznaczenie jonów NO_3^- oraz I^- i Br^- [5]. Brak jest jednak metod uniwersalnych, wykorzystujących proste metody przygotowania próbek, bez konieczności prowadzenia etapów dodatkowych.

Celem pracy była adaptacja metody chromatografii jonowej (IC) bez tłumienia przewodnictwa z detekcją fotodiodową (DAD) do oznaczania zawartości azotanów (III) i (V) w wybranych produktach spożywczych, w zakresie opracowania własnej metody przygotowania próbek i doboru optymalnych warunków analizy IC-DAD w stosunku do zalecanych w normie PN-EN 12014-4:2006/Ap1:2007 [13].

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły próbki wody źródlanej przeznaczonej do spożycia, świeże warzywa (marchew, ogórki, sałata) oraz produkty mięsne (mięso mielone z indyka, boczek wędzony, hamburgery, szynka dojrzewająca) zakupione w sieci handlowej. Wiarygodność opracowanej metody sprawdzono przez udział w badaniach międzylaboratoryjnych zorganizowanych przez firmę LGC Standards (Meat and Fish Analysis Scheme (QMAS) round 202). Metodę zastosowano w 23 laboratoriach do oznaczenia zawartości azotanów (III) i (V) w mięsie liofilizowanym.

Przygotowanie próbek i ich analizę wykonywano w ciągu jednego dnia. Wodę źródlaną analizowano bezpośrednio – pobierano jej $1,5 \text{ cm}^3$ i filtrowano przez filtr $0,2 \mu\text{m}$, systemu filtrowania Semplicity (Merck). Próbki warzyw myto, obierano (marchew, ogórki), a następnie homogenizowano. Homogeny materiał roślinny odważano w ilości ok. 2 g do zamykanych naczynek szklanych o poj. 20 cm^3 i uzupełniano wodą ultraczystą (MilliQ). Mieszano w wytrząsarce typu Vortex. Następnie wytrząsano w wytrząsarce z łąnią wodną w temp. 60°C przez 30 min. Po ostudzeniu zawiesinę przenoszono ilościowo do kolby miarowej o poj. 50 ml, dodawano 10 ml acetonitrylu i uzupełniano do kreski wodą ultraczystą (MilliQ). Tak przygotowaną próbkę roślinną energicznie mieszano w wytrząsarce typu Vortex i pozostawiano na 10 min. Próbki

filtrowano w celu usunięcia cząstek białka i tłuszczu przy zastosowaniu systemu filtrowania Smplicity (Merck), bezpośrednio do naczynek autosamplera o poj. 1,5 cm³. Produkty mięsne homogenizowano, a następnie odważano próbki o masie ok. 2 g i przygotowywano do analiz w sposób analogiczny jak próbki roślinne, wydłużając jedynie do 60 min czas ich ekstrakcji w łaźni wodnej. Każdą próbkę analizowano w trzech powtórzeniach. Analizę próbki międzylaboratoryjnej (mięsa liofilizowanego) wykonano także w trzech powtórzeniach metodą IC-DAD oraz metodą spektrofotometryczną, zgodnie z normą PN-A-82114:1974 [9].

Do pomiarów ilościowych sporządzono krzywe kalibracyjne z zastosowaniem azotanu(III) sodu oraz azotanu(V) potasu, firmy Merck, jako substancji wzorcowych. Poprzez szereg rozcieńczeń wykonano wzorce kalibracyjne na pięciu poziomach stężeń azotanu(III) sodu, w zakresie od 1,1 do 11,5 mg·dm⁻¹ oraz azotanu(V) potasu w przeliczeniu na azotan(V) sodu w zakresie od 2,1 do 21,0 mg·dm⁻¹.

Analizę azotanów (III) i (V) wykonywano przy użyciu chromatografu cieczowego Performance, firmy Shimadzu, w układzie dwukanałowym, wyposażonym w autosampler i detektor DAD pracujący przy długości fali $\lambda = 205$ nm. Do rozdzielania badanych związków stosowano kolumnę jonowymienną Shodex NI-424 o wymiarach 100 × 4,6 mm, 5 μ m z prekolumną NI-424 10 × 4,6 mm, firmy Phenomenex. Fazę ruchomą stanowił roztwór buforowy zawierający 1,7 % boranoglukonianu litu (roztwór wodny zawierający 3,4 % kwasu borowego, 1,96 % kwasu glukonowego, 1,1 % wodorotlenku litu oraz 12,5 % glicerolu) oraz 10 % acetonitrylu – o pH 5,5 i przepływie 0,8 cm³·min⁻¹. Na szczyt kolumny chromatograficznej nastrzykiwano 40 μ l roztworów wzorcowych oraz próbek. Identyfikację azotanów w analizowanych próbkach prowadziło poprzez porównanie czasów retencji sygnałów pochodzących od tych związków, z sygnałami pochodzącymi od substancji wzorcowych. Otrzymane wyniki badań oszacowano statystycznie. Do określenia zależności pomiędzy powierzchnią pików badanych związków a ich zawartością w próbkach zastosowano analizę regresji prostej. W celu zapewnienia wiarygodności oraz standaryzacji wyników uzyskanych w trakcie prowadzonych badań przeprowadzono powszechnie stosowane procedury walidacyjne [17]. Opracowaną metodę poddano walidacji pod względem selektywności, dokładności, powtarzalności, odtwarzalności, liniowości i odzysku przy zastosowaniu substancji wzorcowych azotanów i próbek badanych matryc żywnościowych (mięso mielone, świeża marchew i woda).

Wyniki i dyskusja

Zmodyfikowaną metodę przygotowania próbek do oznaczeń, w której pominięto etapy ich oczyszczania (SPE - *Solid Phase Extraction*, odbiałczanie, sączenie), zastosowano do analiz wybranych produktów spożywczych techniką IC-DAD. Doświadczalnie ustalone warunki chromatograficzne (faza stacjonarna, skład i pH fazy rucho-

mej, szybkość przepływu fazy ruchomej) umożliwiły rozdział badanych związków w ciągu 8 min.

Wyniki analiz związków wzorcowych posłużyły do określenia równań regresji prostoliniowej i współczynników determinacji (r^2) w odniesieniu do azotanów(III): $y = (2,243x - 0,039) \cdot 10^5$, $r^2 = 0,99$ oraz azotanów(V): $y = (3,178x + 0,098) \cdot 10^5$, $r^2 = 0,99$, gdzie: y – pole powierzchni pików, x – stężenie.

Liniowość metody sprawdzono poprzez analizę serii mieszanin azotanów (III) i (V) w całym roboczym zakresie stężeń na 5 poziomach, w trzech powtórzeniach. Wyznaczone zależności pola powierzchni pików od stężenia azotanów mają charakter liniowy, co potwierdziły wysokie wartości współczynników determinacji ($r^2 \geq 0,99$).

Dzięki adaptacji metody IC-DAD i zmodyfikowaniu sposobu przygotowania próbek możliwe było oznaczenie zawartości azotanów (III) i (V) we wszystkich badanych produktach (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość azotanów (III) i (V) w wybranych produktach spożywczych.

Table 1. Content of nitrates (III) and nitrates (V) in selected food products.

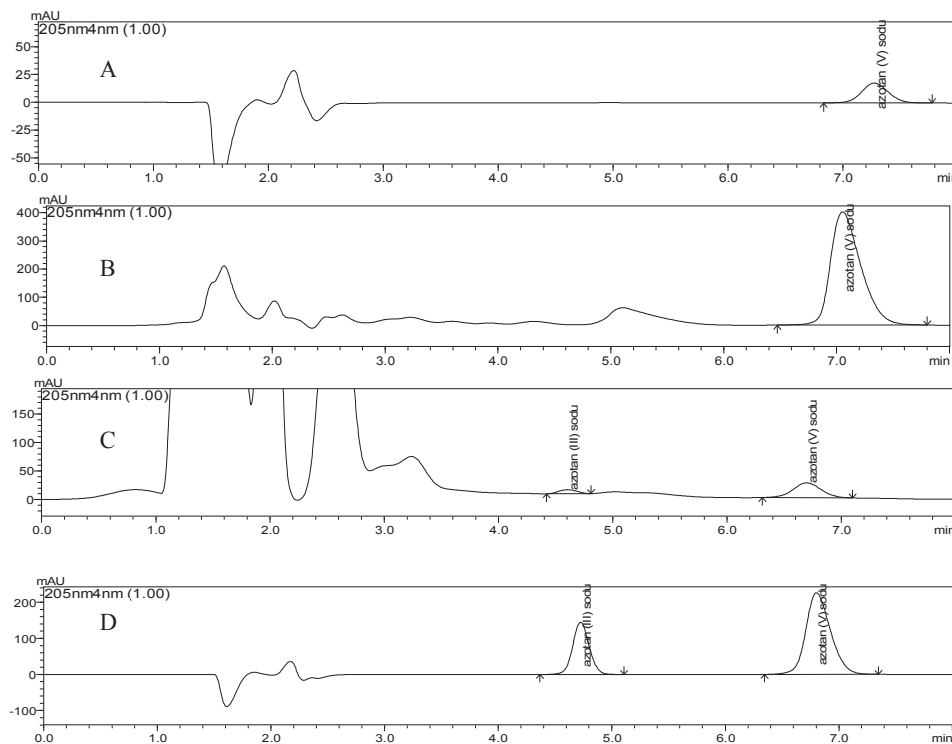
Nazwa produktu Name of product	Zawartość azotanów(III) Content of nitrate(III) [mg·kg ⁻¹] $\bar{x} \pm s / SD$	Zawartość azotanów(V) Content of nitrate(V) [mg·kg ⁻¹] $\bar{x} \pm s / SD$
Woda źródlana 1	0,084 ± 0,001	0,490 ± 0,006
Woda źródlana 2	nie wykryto*	1,282 ± 0,001
Woda źródlana 3	nie wykryto*	0,894 ± 0,003
Świeże ogórki	nie wykryto*	340,35 ± 2,40
Świeża marchew	2,84 ± 0,39	44,67 ± 0,63
Salata	0,724 ± 0,040	741,37 ± 2,90
Boczek wędzony	12,23 ± 3,18	46,27 ± 1,41
Mięso mielone z indyka	41,54 ± 1,92	12,48 ± 0,74
Hamburgery drobiowe	36,72 ± 0,21	28,60 ± 0,06
Szynka dojrzewająca	16,98 ± 1,09	66,48 ± 0,08

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation, $n = 3$;

* – granica oznaczalności – 0,06 mg·kg⁻¹ / limit of detection equalling 0.06 mg·kg⁻¹.

Sprawdzono wpływ składników badanych matryc na wynik oznaczeń. Nie stwierdzono sygnałów mogących spowodować zafałszowanie wyników, ponieważ wszystkie widoczne na chromatogramach niezidentyfikowane piki miały inne czasy retencji niż oznaczane związki (rys. 1).



Rys. 1. Wybrane chromatogramy IC-DAD próbek: A – wody źródlanej do spożycia, B – świeżych ogórków, C – boczku wędzonego, D – wzorca NO_2^- o stężeniu $5,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i NO_3^- o stężeniu $10,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Fig. 1. Selected IC-DAD chromatograms of samples of: A – drinking water; B – raw cucumbers, C – smoked bacon; D – standard solution of NO_2^- , its concentration rate being $5.7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ and of NO_3^- , its concentration rate being $10.5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Granice wykrywalności (LOD) azotanów (III) i (V) zostały wyznaczone na podstawie wartości odchylenia standardowego wyrazu wolnego krzywej kalibracyjnej oraz kąta nachylenia krzywej, natomiast granice oznaczalności (LOQ) zostały obliczone jako trzykrotna wartość LOD. Wartości LOD i LOQ poszczególnych związków przedstawiono w tab. 2.

Zastosowana metoda umożliwia oznaczanie zawartości azotanów(III) w zakresie od $0,06$ (LOQ) do $1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w wodzie i do $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w warzywach i produktach mięsnych. Z kolei oznaczanie zawartości azotanów(V) opracowaną metodą jest możliwe od $0,15$ do $5000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zarówno w wodzie, warzywach, jak i w produktach mięsnych.

Tabela 2. Granice wykrywalności i oznaczalności metody IC-DAD.
Table 2. Limits of quantification and limits of detection in IC-DAD method.

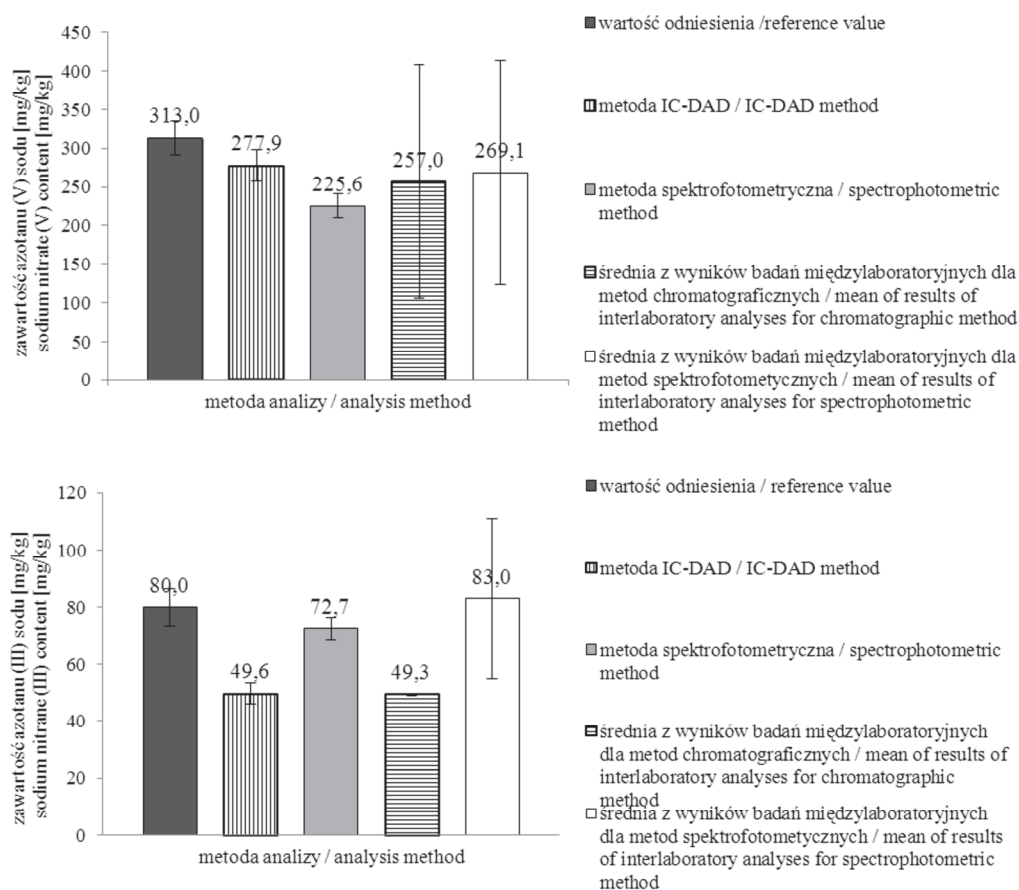
Związek / Compound	Granica wykrywalności Limit of detection (LOD) [mg·kg ⁻¹]	Granica oznaczalności Limit of quantification (LOQ) [mg·kg ⁻¹]
Azotan(III) sodu / Sodium nitrate(III)	0,02	0,06
Azotan(V) sodu / Sodium nitrate(V)	0,05	0,15

Na podstawie wyników badań dodatku wzorca na trzech poziomach stężeń do badanych matryc wyznaczono precyzję pośrednią, co pozwoliło określić długoterminowe odchylenie procesu pomiarowego. Wielkość precyzji pośredniej obliczono jako całkowity współczynnik zmienności (CV) wyników badań na podstawie analiz prowadzonych przez 5 kolejnych dni. Dokładność przedstawiono jako różnicę między oznaczoną a znaną ilością analitu w badanej próbce. Dokładność, jako błąd względny (RE), obliczono zarówno na podstawie wyników otrzymanych z analiz wykonanych w ciągu jednego dnia, jak i w ciągu pięciu kolejnych dni. Otrzymane całkowite współczynniki zmienności dla każdego z trzech stężeń poszczególnych analitów mieszczą się w zakresie od 0,68 do 4,70 %. Opracowana metoda charakteryzuje się także dużą dokładnością ($-5,47\% < RE < 0,69\%$). Odzysk badanych związków został oszacowany na podstawie serii pomiarów ($n = 6$) dodatku wzorca do badanych matryc i mieścił się w zakresie od 90,16 do 110,39 %.

Poprawność metody i wiarygodność uzyskanych wyników sprawdzono poprzez udział w badaniach międzylaboratoryjnych LGC Standards. Analizę mięsa otrzymanego w ramach badań międzylaboratoryjnych wykonano przy użyciu dwóch metod: IC-DAD oraz spektrofotometrycznej według normy PN-A-82114:1974. Wyniki własne porównano z wynikami uzyskanymi przez inne laboratoria uczestniczące w eksperymencie, wykorzystując do oznaczeń zarówno metodę spektrofotometryczną, jak i chromatograficzną (rys. 2).

Na podstawie analizy raportu z badań międzylaboratoryjnych stwierdzono, że ok. 80 % laboratoriów uczestniczących w eksperymencie deklaruje zastosowanie metody spektrofotometrycznej, chociaż metody chromatograficzne są coraz częściej stosowane do oznaczeń zawartości azotanów także w matrycach mięsnych.

Średnia zawartość azotanu(V) sodu w mięsie liofilizowanym, oznaczonego przy użyciu metody IC-DAD, wynosiła $277,9 \pm 20,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a metodą spektrofotometryczną – $225,6 \pm 18,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Największa różnica wyników pomiędzy metodami dotyczyła oznaczania zawartości azotanu(III) sodu w mięsie liofilizowanym. Metodą IC-DAD oznaczono go $49,6 \pm 3,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a metodą spektrofotometryczną – $72,7 \pm 5,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

1. Zaznaczona niepewność wyników jest niepewnością rozszerzoną przy poziomie ufności ok. 95 % dla współczynnika rozszerzenia $k = 2$ / uncertainty of results as marked is expanded uncertainty at confidence level of approximately 95 % for coverage factor $k = 2$.
2. Zaznaczoną niepewność średnich wyników badań międzylaboratoryjnych obu metod przedstawiono jako odchylenie standardowe / marked uncertainty of mean results of interlaboratory analyses performed using two methods is presented as standard deviation.

Rys. 2. Zawartość azotanów (III) i (V) w mięsie liofilizowanym, oznaczonych metodami spektrofotometryczną i IC-DAD oraz obliczone wartości średnie z obu metod, uzyskane przez laboratoria biorące udział w badaniu międzylaboratoryjnym.

Fig 2. Comparison of the results of nitrates (III) and (V) determination in meat sample obtained by IC-DAD and spectrophotometric methods and the average values for both methods obtained by all laboratories in the interlaboratory study.

Różnica ta wynika przede wszystkim z wpływu pH na ekstrakcję analitów z próbki mięsa. Wykazano, że na wynik analizy azotanów(III) wpływ ma zarówno czas i tempe-

ratura ekstrakcji, jak również pH oraz dodawane reagenty (odbiałczanie metodą Carreza) [6]. W związku z powyższym, to właśnie analiza zawartości azotanów(III) w produktach mięsnych stwarza najwięcej problemów analitycznych. Wyniki badań własnych metodą IC-DAD mieściły się w kryteriach określonych przez organizatora badań w odniesieniu do wskaźnika z (z-score) $-2 \leq z \leq 2$. W przypadku azotanu(III) sodu z-score = -1,44, a azotanu(V) sodu z-score = -0,45 i wskazują na możliwość wykorzystania nowej metody przygotowania próbek do analiz zawartości azotanów w produktach mięsnych metodą IC-DAD.

Wnioski

1. Zaadaptowana metoda IC-DAD i opracowana własna procedura przygotowania próbek umożliwia oznaczanie zawartości azotanów (III) i (V) w wodzie przeznaczonej do spożycia, w warzywach oraz w produktach mięsnych.
2. Zaproponowana procedura przygotowania próbek do analiz jest prosta, uniwersalna i nie wymaga konieczności przeprowadzenia dodatkowych etapów ich przygotowania i oczyszczania.
3. Przedstawiona metoda umożliwia oznaczenie azotanów (III) i (V) z precyzją $\leq 5\%$ i z odzyskiem 90 – 110 %.
4. Na podstawie wyników badań międzylaboratoryjnych potwierdzono możliwość wykorzystania metody IC-DAD do oznaczeń azotanów, jako alternatywę klasycznych metod spektrofotometrycznych.

Literatura

- [1] Gajewska M., Czajkowska A., Bartodziejska B.: Zawartość azotanów (III) i (V) w wybranych warzywach dostępnych w handlu detalicznym regionu łódzkiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2009, **40**, 388-395.
- [2] Gułajski M.: Jak unikać zatrucia organizmu żywnością. *Wiad. Ziel.*, 2002, **6**, 16-18.
- [3] Malinowska E., Gromkowska A., Szefer P.: Zawartość azotanów (V) i azotanów (III) w roślinach strączkowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2007, **XL (3)**, 287-291.
- [4] FAO/WHO. Safety evaluation of certain food additives. *WHO Food Additives Series*, 2003, **50**, 1053-1071.
- [5] Michalski R.: Podstawy chromatografii jonowej. Wyd. Śląskiej Wyższej Szkoły Zarządzania im. gen. Jerzego Ziętka, Katowice 2011.
- [6] Merino L., Edberg U., Fuchs G.: Liquid chromatographic determination of residual nitrite/nitrate in foods: NMKL collaborative study. *J. AOAC Int.*, 2000, **83 (2)**, 365-376.
- [7] 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.
- [8] PN-C-04576:1973. Woda i ścieki. Badanie zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu azotynowego metodą kolorymetryczną z kwasem sulfanilowym i 1-naftyloaminą.
- [9] PN-A-82114:1974. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości azotynów i azotanów.
- [10] PN-A-75112:1992. Owoce, warzywa i ich przetwory. Oznaczanie zawartości azotynów i azotanów.

- [11] PN-EN 12014-2:2001. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie zawartości azotanów i/lub azotynów. Część 2: Oznaczanie zawartości azotanów w warzywach i przetworach warzywnych metodą HPLC/IC.
- [12] PN-EN 12014-3:2006/Apl:2008. Część 3. Spektrometryczne oznaczanie azotanów i azotynów w produktach mięsnych po enzymatycznej redukcji azotanów do azotynów.
- [13] PN-EN 12014-4:2006/Apl:2007. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie zawartości azotanów i/lub azotynów. Część 4: Oznaczanie zawartości azotanów i azotynów w produktach mięsnych metodą chromatografii jonowymiennej (IC).
- [14] Rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dz. Urz. UE L364/5, s. 11, z 20.12.2006.
- [15] Santamaria P.: Review. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. J. Sci. Food Agric., 2006, **86**, 10-17.
- [16] Wojciechowska R.: Akumulacja azotanów a jakość produktów rolniczych. W: Ochrona środowiska naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia. Red. K. Wiech, H. Kołoczek, P. Kaszyci. Wyd. F.W.O., Kraków 2005, ss. 21-27.
- [17] Zapewnienie jakości analiz chemicznych. Poradnik dla laboratoriów Państwowej Inspekcji Sanitarnej. Red. M. Dobecki. Wyd. 3 popr. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2004.

**ADAPTING IC-DAD METHOD WITH SAMPLE PREPARATION AS MODIFIED BY
AUTHORS TO DETERMINE CONTENT OF NITRATES (III) AND NITRATES (V) IN FOOD
PRODUCTS**

S u m m a r y

A non-suppressor ion chromatography method (IC) with a diode array detection (DAD) was applied to determine the content of nitrates(III) and nitrates(V) in selected food products. An experimental material consisted of potable spring water, fresh vegetables, and meat products. A method of preparing samples for analysis was modified so that the sample purification and deproteinization stages were removed and the extraction process was enhanced. At the same time, optimal conditions for chromatographic separation were selected. The limits of detection for sodium nitrate(III) and sodium nitrate(V) by the IC-DAD method were, respectively: 0.02 and 0.05 mg·kg⁻¹. Then, the limits of detection for nitrates(III) and (V) were, respectively: 0.06 and 0.15 mg·kg⁻¹. Based on the results of the authors' own analyses and on interlaboratory analyses, it was found that the method developed on the basis of IC-DAD technique could be applied to determine the content of nitrates(III) and nitrates(V) in food products. Using the method adapted by the authors, it is possible to determine the nitrates(III) and nitrates(V) with an accuracy level ≤ 5 % and with the recovery level of 90 - 110 %. The method developed is so universal that it can also be used in the analyses of complex food matrices as an alternative for classical spectrophotometric methods.

Key words: nitrates(III), nitrates(V), IC-DAD, food products, preparation of samples for analyses, conditions for chromatographic separation 

DARIUSZ LISIAK, EUGENIA GRZEŚKOWIAK, PIOTR JANISZEWSKI,
KAROL BORZUTA, BENEDYKT PEPLIŃSKI, KAROL WAJSZCZUK

WPŁYW INTENSYWNOŚCI ŻYWIENIA TUCZNIKÓW NA JAKOŚĆ MIĘSA

Streszczenie

Badaniami objęto 85 tusz tuczników pochodzących z krzyżowania rasy wbp × pbz z knurami rasy pbz. Materiał doświadczalny podzielono na trzy grupy. Grupę pierwszą stanowiły świny tuczone systemem intensywnym do masy ciała 120 kg. Zwierzęta z grupy drugiej i trzeciej tuczono metodą ekstensywną do masy ciała 100 i 120 kg. W mięśniach *longissimus dorsi* (LD) i *semimembranosus* (SEM) wykonano pomiary pH po 45 min i po 24 h od uboju świń. Ponadto w mięśni LD oznaczono podstawowy skład chemiczny, wielkość wycieku naturalnego i termicznego oraz oceniono właściwości sensoryczne mięsa.

Stwierdzono, że mięso tuczników żywionych systemem intensywnym charakteryzowało się mniejszym wyciekiem naturalnym (5,03 %) i termicznym (27,90 %) oraz większą wodochłonnością (32,08 %) w porównaniu z mięsem tuczników żywionych ekstensywnie (odpowiednio: 6,01, 30,62, i 32,93 %). W grupie świń żywionych intensywnie nie stwierdzono występowania mięsa PSE, natomiast w obu grupach tuczników żywionych ekstensywnie odnotowano po trzy tusze z mięsem wodnistym. Zaobserwowano różnice kruchości w ocenie sensorycznej pomiędzy grupą III (3,99) a grupami I (4,24) i II (4,18). Nie zaobserwowano wpływu systemu tuczu świń na zapach i soczystość mięsa. Właściwości fizykochemiczne i sensoryczne mięsa świń żywionych ekstensywnie nie różniły się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) między grupami o różnej masie ubojowej.

Słowa kluczowe: świny: wielka biała polska (wbp), polska biała zwisloucha (pbz), krzyżowanie ras, żywienie intensywne, żywienie ekstensywne, jakość mięsa

Wprowadzenie

Rasy mateczne świń: wielka biała polska (wbp) i polska biała zwisloucha (pbz) charakteryzują się dużymi przyrostami dziennymi masy ciała, dobrym wykorzystaniem

Dr inż. D. Lisiak, dr hab. E. Grześkowiak prof. IBPRS, dr P. Janiszewski, dr hab. K. Borzuta prof. IBPRS, Zakład Badania Surowców i Produkcji Rzeźnianej, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego ul. Głogowska 239; 60-111 Poznań, dr B. Pepliński, dr K. Wajszczuk, Katedra Zarządzania i Prawa, Wydz. Ekonomiczno-Społeczny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań. Kontakt: darek.lisiak@ipmt.waw.pl

paszy oraz dużą zawartością mięsa w tuszy. Zwierzęta rasy wbp wyróżniają się ponadto dobrą jakością mięsa. Mieszańce z tą rasą rosną szybko i są bardzo odporne na niekorzystne warunki tuczu. Świnie wbp są drugą pod względem popularności rasą hodowlaną w Polsce. Najliczniejszą w Polsce jest rasa pbz. Zwierzęta tej rasy charakteryzują się dużym tempem wzrostu i dobrze umięśnionymi tuszami. Jak podają Blicharski i wsp. [1], średni przyrost dzienny loszek wynosił w 2013 r. 651 g, natomiast knurków – 706 g. Udział mięsa w tuszy loszek i knurków wynosił odpowiednio: 58,8 i 60,0 %, przy średniej masie ubojowej odpowiednio: 112 i 120 kg. Świnie wbp i pbz w porównaniu z podobnymi rasami zagranicznymi, zwłaszcza Landrace, charakteryzują się większą użytkowością rzeźną [26].

W krajach europejskich obserwuje się słabsze wyniki użytkowości tucznej i rzeźnej rodzimych ras świń, jednak mięso uzyskiwane z nich charakteryzuje się bardzo dobrą jakością, w tym korzystnymi walorami smakowo-zapachowymi [23, 24]. Należą do nich m.in. włoska rasa Nero Siciliano [23], hiszpańska Retino Iberian [24] czy polska rasa złotnicka [10]. Produkcja świń z wykorzystaniem ras genetycznie odpornych lub nieznacznie obciążonych genem wrażliwości na stres, takich jak: Large White, Duroc, Landrace i ich mieszańców, pozwala uzyskać surowiec o małym udziale wad jakościowych mięsa typu PSE [6, 14, 15].

Znane są pozytywne zależności między poziomem tłuszczu śródmięśniowego a soczystością, kruchością i smakowitością mięsa. Według Wooda i wsp. [28, 29] zawartość tłuszczu śródmięśniowego na poziomie $2 \div 3$ % jest najkorzystniejsza dla kształtowania pożądanych cech sensorycznych mięsa. Natomiast Cole i wsp. [4] uważają za dobry taki poziom marmurkowatości, przy którym 23 % powierzchni przekroju mięśnia zajmuje tłuszcz. Optymalny poziom tłuszczu śródmięśniowego, obok pH i temperatury obróbki termicznej, ma istotny wpływ na kruchość mięsa [17].

Na właściwości sensoryczne mięsa wpływa wiele czynników, spośród których duże znaczenie ma system żywienia. Jak podają Bonneau i Libert [2], interakcja cechy genetyczne $\times$ środowisko w produkcji wolno rosnących, słoninowych ras lokalnych, utrzymywanych w warunkach ekstensywnych, prowadzi do wytworzenia mięsa wieprzowego i wyrobów o wysokiej jakości sensorycznej. Karpiesiuk i Falkowski [12] przeprowadzili badania czterech grup mieszańców żywionych *ad libitum* mieszanką pełnoporcjową, stosując utrzymanie alkierzowe ściółkowe i bezściółkowe. Autorzy nie stwierdzili istotnych różnic między grupami w zakresie masy i mięsności tusz oraz wartości pH mięśnia *longissimus dorsi* po 45 min i 24 h od uboju. Enfält i wsp. [5] określili jakość mięsa świń rasy Yorshire i Duroc żywionych systemem alkierzowym i ekstensywnym. Stwierdzili większą zawartość tłuszczu, mniejszy wyciek naturalny, niższy poziom białka i mniejszą siłę cięcia mięśnia LD świń żywionych ekstensywnie. Pugliese i wsp. [23] potwierdzili te obserwacje w późniejszych badaniach. Cytowani autorzy wykazali, że ekstensywny tucz świń w systemie wolno wybiegowym rodzimej

rasy Nero Syciliano istotnie wpłynął na wzrost (o 0,95 pkt. procentowego) zawartości tłuszczu śródmięśniowego, obniżenie poziomu białka i zmniejszenie wodochłonności mięśnia *longissimus lumborum*, w porównaniu z intensywnym tuczem alkierzowym.

Systemy ekstensywny i intensywny tuczu świń opisane i badane pod względem ich wpływu na jakość mięsa są powszechnie znane. Do tuczu ekstensywnego przeznaczają się na ogół świnię ras rodzimych. W tuczu intensywnym wykorzystuje się przede wszystkim rasy wysokomięsne, szybko rosnące lub ich mieszańce. Nie wiadomo jednak, czy wśród tych ras lub ich mieszańców zróżnicowany poziom żywienia zwierząt w tuczu alkierzowym ma wpływ na jakość ich mięsa.

Celem pracy była ocena cech fizykochemicznych i sensorycznych mięsa świń mieszańców (wbp × pbz) × pbz, żywionych w systemie intensywnym i ekstensywnym, ze zróżnicowanym poziomem białka i energii w paszy.

Material i metody badań

Przeprowadzono badania 85 tusz tuczników (w tym 43 loszek i 42 wieprzków), pochodzących z krzyżowania loch wbp × pbz z knurami rasy pbz. Materiał doświadczalny podzielono na trzy grupy. Grupę pierwszą stanowiły świnię tuczone w systemie intensywnym do masy ciała 120 kg (n = 27). Zwierzęta z grup drugiej i trzeciej żywiono metodą ekstensywną do masy ciała 100 (n = 28) i 120 kg (n = 30). W obu systemach żywienia utworzono grupy zwierząt, których tucz kończono po osiągnięciu masy ciała ok. 120 kg. Zakładano, że tuczniki żywione ekstensywnie będą miały obniżony poziom tłuszczu śródmięśniowego, co wiąże się często z pogorszeniem właściwości sensorycznych mięsa. Utworzono dla nich zatem dodatkową grupę: tuczników o masie ciała ok. 100 kg, aby sprawdzić, czy przy krótszym tuczu poziom tłuszczu śródmięśniowego będzie również mniejszy.

Zwierzęta utrzymywano na rusztach w jednym budynku, w tych samych warunkach środowiskowych. Pasze sypano do autokarmników do żywienia na mokro, stosując paszociągi koralikowe. Zawartość składników pokarmowych w paszach pełnoporcjowych dla warchlaków i tuczników przedstawiono w tab. 1. Po uzyskaniu końcowej masy ciała tuczniki poddawano ubojowi.

W *m. longissimus dorsi* (LD), pobranym na poziomie ostatniego zebra, oraz w *m. semimembranosus* (SEM) wykonywano pomiary pH po 45 min i 24 h od uboju za pomocą pehametru Radiometr PHM 80 Portable z elektrodą zespoloną. W tych samych mięśniach, 24 h po oszołomieniu zwierząt, określano przewodność elektryczną mięsa (EC₂₄) konduktometrem MT-03 produkcji Zakładu Techniki Mikroprocesorowej w Poznaniu. Na podstawie wyników pomiarów pH w mięśniu LD określano liczbę tusz z mięsem PSE i DFD w badanych grupach. Do badań laboratoryjnych pobierano próbki z części lędźwiowej mięśnia LD, w których oznaczano zawartość: wody [18],

Tabela 1. Zawartość składników pokarmowych w paszach pełnoporcjowych dla warchlaków i tuczników.
Table 1. Content of nutrient components in full-feed mixtures for porkers and fatteners.

Cecha / Feature		Grover		Finisher	
		STAND.	HQ	STAND.	HQ
Białko ogólne Total protein	[%]	16,5	17,5	15,0	15,5
Energia netto / Energy net	[kcal]	2163	2310	2163	2268
Energia metaboliczna Metabolizable energy	[MJ·kg ⁻¹]	12,4	13,2	12,4	12,9
Lizyna / Lysine	[%]	0,96	1,10	0,82	0,90
Lizyna strawna / Lysine range	[%]	0,80	0,94	0,66	0,74
Metionina / Methionine	[%]	0,32	0,34	0,25	0,28
Metionina + Cystyna Methionine + Cystine	[%]	0,65	0,69	0,66	0,61
Treonina / Threonine	[%]	0,64	0,71	0,56	0,60
Tryptofan / Tryptophan	[%]	0,19	0,21	0,17	0,18
Włókno surowe (min-max) Crude fibre	[%]	4 - 7	3 - 6	4,5 - 7	4,5 - 6,5
Ca	[%]	0,7	0,7	0,65	0,65
P	[%]	0,6	0,6	0,65	0,6
Na	[%]	0,15	0,15	0,14	0,14
Witamina A / Vitamin A	[j.m.]	10 000	10 000	6 000	7000
Witamina D ₃ / Vitamin D ₃	[j.m.]	2 000	2 000	1 200	1400
Witamina E / Vitamin E.	[mg]	40	120	30	120

Objaśnienia: / Explanatory notes:

STAND. – mieszanka paszowa stosowana w tuczu ekstensywnym / Feed mixture used in extensive fattening; HQ – mieszanka paszowa stosowana w tuczu intensywnym / Feed mixture used in intensive fattening.

tłuszczu [19], białka metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu firmy Tecator [20] oraz związków mineralnych w postaci popiołu [21]. Ponadto określano: wyciek naturalny – na podstawie różnicy masy próbki mięśnia (o masie ok. 100 g) przed i po 48 h jej przechowywania w woreczku foliowym w temp. 4 °C, wodochłonność – metodą Grau'a i Hamma [8] w modyfikacji Pohja i Niinivaara [22], wyciek termiczny – na podstawie różnicy masy próbki mięśnia przed i po obróbce termicznej prowadzonej w temp.

85 °C przez około 40 min od momentu uzyskania temp. 70 °C w centrum geometrycznym próbki (temperaturę mierzono termometrem Digital Thermometer, firmy Bioterm), barwę mięsa – za pomocą aparatu Chroma Matters CR 400 firmy Konica Minolta, wyznaczając parametry L^* , a^* , b^* oraz poprzez punktową ocenę wzrokową barwy w skali od 1 do 5 pkt (1 pkt – barwa jasnoczerwona, 5 pkt – ciemnoczerwona). Marмурkowatość, czyli stopień przetłuszczenia mięśnia, określano według wzorców kanadyjskich i amerykańskich [27] w skali od 1 do 4 pkt (1 pkt – nieznacznie przetłuszczone, 4 pkt. – silnie przetłuszczone). Ocenę sensoryczną gotowanego mięsa prowadzono w skali od 1 do 5 pkt (1 pkt – ocena najniższa, 5 pkt – ocena najwyższa), określając zapach, soczystość, kruchość i smakowitość. Ponadto z prób gotowanego mięśnia wykrawano próbki w kształcie walca o średnicy około 2,5 cm do pomiaru siły cięcia, za pomocą urządzenia ZWICK ROELL Z0.5.

Wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica 6.0, obliczając wartości średnie i odchylenia standardowe. Statystyczną istotność różnic między średnimi grup określano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji [25]. Wnioskowanie prowadzono na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Stwierdzono, że średnie wartości pH mięśni LD i SEM tuczników żywionych ekstensywnie były niższe 45 min po uboju, w stosunku do grup: I i II, jednak istotność różnic ($p \leq 0,05$) wykazano tylko w przypadku mięśnia SEM (tab. 2). W próbkach LD i SEM tuczników żywionych intensywnie nie stwierdzono mięsa PSE ($pH_{45} \leq 5,8$), co potwierdza prawidłowy przebieg procesu glikolizy w tkance mięśniowej tych tusz [6, 11]. W grupach tusz tuczników żywionych ekstensywnie do masy ciała 100 i 120 kg wykazano po trzy tusze z mięsem PSE. Może to wynikać ze stresu tych zwierząt, związanego z ograniczonym dostępem do paszy. Florowski i wsp. [7] badali mięsień LD tuczników ras wbp oraz pbz i stwierdzili odpowiednio: 5,6 i 5,9 % tusz obarczonych wadą PSE, co potwierdza małą częstotliwość występowania tej wady w mięsie świń o genotypie zbliżonym do genotypu zwierząt badanych w niniejszej pracy.

Średnie wartości pH mięśni (5,73 - 5,83) 24 h po uboju (tab. 2) wskazały na prawidłowy poziom kwasowości. Tylko w jednej tuszy świń żywionych intensywnie stwierdzono mięso DFD.

Przewodność elektryczną można uznać za stosunkowo niską (ok. 3,7 do 6,15 mS po 24 h) i na jej podstawie nie można jednoznacznie ocenić zróżnicowania mięśni w zależności od stosowanego żywienia.

Ze stopniem zakwaszenia mięśni ściśle związane są: barwa, wyciek naturalny i wodochłonność mięsa [6]. W porównaniu z systemem ekstensywnym, w mięśniu LD tuczników żywionych intensywnie stwierdzono istotnie ($p \leq 0,05$) mniejszy wyciek naturalny, większą wodochłonność oraz mniejszy ubytek masy po obróbce termicznej

(tab. 3). Nie stwierdzono natomiast istotnych ($p \leq 0,05$) różnic pod względem tych cech jakościowych w mięśniach tuczników lżejszych i cięższych, żywionych ekstensywnie. Większy wyciek naturalny z mięśni tuczników żywionych ekstensywnie może być związany z występowaniem w tej grupie mięsa PSE. Young i wsp. [30] obserwowali w mięśniu LD świń podatnych na stres o 2 - 3 % większy wyciek naturalny niż w mięśniach osobników bezstresowych.

Tabela 2. Wyniki pomiarów pH i EC mięśni LD i SEM oraz udział tusz wieprzowych z mięsem wadliwym.

Table 2. Results of measured pH and EC values of LD and SEM muscles, and the percent content of pork carcasses having faulty meat.

Cecha Feature	Grupy doświadczalne tuczników / Experimental groups of pigs					
	Grupa I – żywienie intensywne do 120 kg Group I – intensive feeding to 120 kg		Grupa II – żywienie ekstensywne do 100 kg Group II – extensive feeding to 100 kg		Grupa III – żywienie ekstensywne do 120 kg Group III – extensive feeding to 120 kg	
	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD
pH ₄₅ LD	6,26	0,23	6,18	0,22	6,17	0,28
pH ₄₅ SEM	6,30 ^a	0,17	6,12 ^b	0,20	6,10 ^b	0,24
pH ₂₄ LD	5,77 ^{ab}	0,19	5,83 ^b	0,13	5,73 ^a	0,15
pH ₂₄ SEM	5,80	0,18	5,78	0,13	5,74	0,14
EC ₂₄ LD, mS	5,33 ^{ab}	1,57	4,64 ^a	1,23	6,15 ^b	2,35
EC ₂₄ SEM, mS	3,69 ^a	0,81	4,64 ^b	1,26	4,10 ^{ab}	1,79
PSE - liczba tusz / number of carcasses	0	-	3	-	3	-
DFD - liczba tusz / number of carcasses	1	-	0	-	0	-

Objaśnienia: / Explanatory notes:

LD – *musculus longissimus dorsi*; SEM – *musculus semimembranosus*; $\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s - odchylenie standardowe / SD – standard deviation; Grupa I n = 27, Grupa II n = 28, Grupa III n = 30; a, b – te same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych w wierszach (w obrębie analizowanego parametru) ($p \leq 0,05$) / the same letters denote no statistically significant differences ($p \leq 0.05$) in rows (within the parameter analyzed)

Tuczники żywione ekstensywnie do osiągnięcia masy ciała 120 kg zawierały o 0,4 punktu procentowego mniej tłuszczu śródmięśniowego. Próbkę mięśnia LD tuczników I i II grupy charakteryzowały się podobnym poziomem tłuszczu śródmięśniowego, większym niż mięśnie tuczników grupy III. Mięso świń żywionych intensywnie odznaczało się istotnie większą marmurkowatością w porównaniu z mięsem tuczników z pozostałych grup. Inni autorzy [9, 16] oznaczyli w mięśniu LD tuczników rasy wbp

i pbz oraz ich mieszańców o masie ciała ok. 100 kg, około 1,5 % tłuszczu. Karpiesiuk i wsp. [13] badali poziom tłuszczu śródmięśniowego w mięśniach mieszańców cztero-rasowych (pbz × wbp) × (p × d) utrzymywanych w różnych systemach. Stwierdzili w mięśniu LD od 1,17 % (utrzymanie alkierzowe, dodatek zielonki w żywieniu) do 1,82 % tłuszczu (utrzymanie bezściółkowe z dostępem do wybiegu). Z kolei w mięśniu LD świń rasy hiszpańskiej Retino Iberia, tuczonych intensywnie do masy ciała 145 kg, oznaczono 8,8 % tłuszczu [24]. Natomiast poziom tłuszczu śródmięśniowego w mięśniu *longissimus lumborum* świń włoskiej rasy Nero Siciliano z chowu intensywnego (zamkniętego) oraz ekstensywnego (otwartego) różnił się i wynosił odpowiednio: 3,32 oraz 4,27 % [23].

Tabela 3. Cechy fizykochemiczne mięśnia LD tuczników badanych grup.

Table 3. Physicochemical traits of LD muscle of fatteners in the groups analyzed.

Cecha Feature	Grupy doświadczalne tuczników / Experimental groups of pigs					
	Grupa I – żywienie intensywne do 120 kg Group I – intensive feeding to 120 kg		Grupa II – żywienie ekstensywne do 100 kg Group II – extensive feeding to 100 kg		Grupa III – żywienie ekstensywne do 120 kg Group III – extensive feeding to 120 kg	
	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD
Zawartość wody Water content [%]	71,94 ^a	1,21	72,90 ^b	0,93	73,16 ^b	1,57
Zawartość tłuszczu Fat content [%]	2,05 ^a	0,54	2,03 ^a	0,57	1,61 ^b	0,50
Zawartość białka ogólnego Total protein content [%]	24,80 ^a	1,08	23,80 ^b	0,75	24,09 ^b	1,20
Zawartość popiołu Ash content [%]	1,21 ^a	0,06	1,27 ^a	0,07	1,14 ^{ab}	0,12
Wodochłonność WHC ¹ [%]	32,08 ^a	2,51	34,39 ^b	2,01	32,93 ^b	2,60
Wyciek naturalny Drip loss [%]	5,03 ^a	1,54	5,81 ^{ab}	1,28	6,01 ^b	1,73
Wyciek termiczny Cooking loss [%]	27,90 ^a	3,74	31,36 ^b	2,96	30,62 ^b	2,81
L* - Lightness	46,28 ^a	2,08	47,45 ^{ab}	1,60	48,17 ^b	2,40
a* - Redness	5,66	1,26	5,79	0,97	5,66	0,95
b* - Yellowness	0,90 ^a	0,80	1,85 ^b	0,88	1,39 ^{ab}	0,96
Marmurkowatość [pkt] Marbling [points]	2,06 ^a	0,44	1,80 ^b	0,33	1,89 ^{ab}	0,42
Barwa [pkt] Colours [points]	2,51 ^a	0,33	2,11 ^b	0,29	2,17 ^b	0,46

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

W badaniach własnych wykazano, że barwa mięsa świń żywionych intensywnie była korzystniejsza (2,51 pkt) niż utrzymywanych ekstensywnie (grupa II – 2,11 pkt, grupa III – 2,17 pkt).

Tabela 4. Wyniki oceny sensorycznej [pkt] oraz siła cięcia [N/cm²] mięśnia LD świń badanych grup.
Table 4. Results of sensory evaluation (points) and shear force of cooked LD muscle of pigs in groups analyzed.

Cecha Feature	Grupy doświadczalny tuczników / Experimental groups of fatteners					
	Grupa I – żywienie intensywne do 120 kg Group I – intensive feeding to 120 kg		Grupa II – żywienie ekstensywne do 100 kg Group II – extensive feeding to 100 kg		Grupa III – żywienie ekstensywne do 120 kg Group III – extensive feeding to 120 kg	
	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD
Zapach / Smell	4,38	0,23	4,37	0,21	4,37	0,20
Soczystość / Juiciness	4,28	0,30	4,14	0,31	4,10	0,29
Kruchość / Tenderness	4,24 ^a	0,23	4,18 ^a	0,29	3,99 ^b	0,26
Smakowitość / Flavour	4,36 ^a	0,25	4,22 ^{ab}	0,19	4,2 ^b	0,21
Siła cięcia / Shear force:	28,33	4,99	27,70	7,08	27,14	5,44

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

Na podstawie oceny sensorycznej próbek mięśnia LD wykazano jego korzystne właściwości (tab. 4). Zapach, soczystość, kruchość i smakowitość zostały ocenione wysoko – średnie oceny od około 4,0 do 4,38 pkt. Zaobserwowano istotny ($p \leq 0,05$) wpływ systemu tuczu na kruchość i smakowitość mięsa. Najwyżej oceniono te cechy mięsa w grupie I i II świń. Nie stwierdzono wpływu systemu żywienia świń na soczystość mięsa, pomimo różnic zawartości tłuszczu śródmięśniowego, powodującego poprawę soczystości i smakowitości mięsa [28]. Również zapach mięsa był bardzo podobny we wszystkich badanych grupach. Calkins i Hodgen [3] podają, że do powstawania zapachu mięsa przyczynia się około 50 substancji chemicznych. Cytowani autorzy uważają, że aromat powstaje i rozwija się nie tylko podczas przerobu mięsa, ale również na etapie karmienia zwierząt i postępowania z mięsem po uboju (warunki dojrzewania). Kruchość mięsa świń tuczonych zarówno intensywnie do masy ciała 120 kg, jak i ekstensywnie do masy ciała 100 kg została oceniona korzystniej (4,24 i 4,18 pkt.) w porównaniu z mięsem świń tuczonych ekstensywnie do masy ciała 120 kg. Nie potwierdziły tego jednak wyniki pomiaru siły cięcia mięsa, które okazały

się bardzo wyrównane i nie różniły się istotnie ($p \leq 0,05$) między badanymi grupami zwierząt.

Wnioski

1. W grupie świń żywionych intensywnie nie stwierdzono mięsa PSE w ich tuszach, natomiast wadę tę stwierdzono w obu grupach tuczników (po trzy tusze) żywionych ekstensywnie.
2. Mięso tuczników żywionych systemem intensywnym charakteryzowało się mniejszym wyciekami naturalnym i termicznym oraz większą wodochłonnością, w porównaniu z mięsem tuczników żywionych ekstensywnie.
3. Przedłużenie tuczu świń żywionych ekstensywnie do masy ciała 120 kg nie miało istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu na jakość ich mięsa.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr N N112 399 440, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Literatura

- [1] Blicharski T., Ptak J., Snopkiewicz M.: Wyniki oceny trzody chlewnej w 2013. Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej "POLSUS".
- [2] Bonneau M., Lebret B.: Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Sci.*, 2010, **84**, 293-300.
- [3] Calkins C.R., Hodgen J.M.: A fresh look at meat flavor. *Meat Sci.*, 2007, **77**, 63-80.
- [4] Cole J.A., Close W.H., Brookes P.H., Hardy B.: Kosten in Produktionsprozess. *Fleischwirtschaft*, 2005, **1**, 12-14.
- [5] Enfält A.Ch., Lundström K., Hannson I., Lundeheim N., Nystrom P.E.: Effect of Outdoor Rearing and sire breed (duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Sci.*, 1997, **1**, 1-15.
- [6] Fischer K.: Fleischfehler müssen nicht sein. Bedingungen zur Produktion von Fleisch guter sensorischer und technologischer Qualität. *Fleischwirtschaft*, 2001, **10**, 21-24.
- [7] Florowski T., Pisula A., Buczyński J.T., Orzechowska B.: Częstość występowania wad jakości mięsa świń różnych ras hodowlanych w Polsce. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2006, **2**, 2, 91-97.
- [8] Grau R., Hamm R.: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung in Fleisch. *Fleischwirtschaft*, 1952, **4**, 295-297.
- [9] Grześkowiak E., Borzuta K., Lisiak D., Strzelecki J., Janiszewski P.: Właściwości fizykochemiczne i sensoryczne oraz skład kwasów tłuszczowych mięśnia *longissimus dorsi* mieszańców pbz × wbp oraz pbz × (d × p). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **6**, (73), 189-198.
- [10] Grześkowiak E., Borzuta K., Strzelecki J., Buczyński J.T., Borys A., Lisiak D., Janiszewski P.: Effect of crossing white złotnicka and Polish large white pigs on the quality of culinary meat and raw smoked loin. *Ann. Anim. Sci., Suppl.*, 2006, **2/1**, 267-270.
- [11] Homsí B.L.A., Francisco L.P.: Water holding capacity (WHC) and subjective color assessment of different preclassified swine carcass cuts according to the *longissimus dorsi* pH. 49th Int. Congress of Meat Science and Technology. Brazil 31 st August – 05 th September 2003, pp. 223-224.

- [12] Karpiesiuk K., Falkowski J.: Effect of the feeding and housing system on pig fattening results. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2008, **23**, (4), 769-778.
- [13] Karpiesiuk K., Kozera W., Bugnacka D., Falkowski J.: Wpływ warunków chowu tuczników na jakość mięsa i profil kwasów tłuszczowych w mięśni najdłuższym grzbiecie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, **3** (88), 39-50.
- [14] Krzęcio E., Antosik K., Koćwin-Podsiadła M., Zybert A., Sieczkowska H., Kuryl J., Łyczyński A.: Quality and technological value of meat from porkers of six genetic groups as related to *RYRI^T* gene. *Anim. Sci. Pap. Rep., Suppl.*, 2004, **22**, 3, 19-30.
- [15] Lara J.A.F., Nepomuceno A.L., Ledur M.C., Ida E.I., Shimokomaki M.: Chican PSE (pale, soft, exudative) meat. Mutations in the ryanodine receptor gene. 49th Int. Congress of Meat Science and Technology. Brazil 31 st August – 05 th September, 2003, pp. 79-80
- [16] Migdał W., Wojtysiak D., Palka K., Natonek-Wiśniewska M., Duda I., Nowocień A.: Skład chemiczny i parametry tekstury wybranych mięśni tuczników rasy polskiej białej zwisłouchiej ubijanych w różnym wieku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6** (55), 277-284.
- [17] Moeller S.J., Miller R.K., Edwards K.K., Zerby H.N., Logan K.E., Aldredge T.L., Stahl C.A., Boggess M., Box- Steffensmeier J.M.: Consumer perceptions of pork eating quality as effected by pork quality attributes and-point cooked temperature. *Meat Sci.*, 2010, **84**, 14-22.
- [18] PN - ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody.
- [19] PN - ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- [20] PN-75/A-04018. Produkty rolno-spożywcze. Oznaczanie zawartości azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [21] PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości popiołu.
- [22] Pohja N.S., Niinivaara F.P.: Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mittels der Konstant-drückmethods. *Fleischwirtschaft*, 1957, **9**, 193-195.
- [23] Pugliese C., Calagan G., Chiofalo V., Moretti V.M., Margiotto S., Franci O., Gandini G.: Comparison of the performance of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors: 2. Joints composition, meat and fat traits. *Meat Sci.*, 2004, **68**, 523-528.
- [24] Serrano M.P., Valencia D.G., Nieto M., Lazaro R., Mateos G.G.: Influence of sex and terminal sire line on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive production systems. *Meat Sci.*, 2008, **78**, 420-428.
- [25] Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Startsoft Polska Sp. Zoo. Kraków 1998.
- [26] Szyndler-Nędra M., Bereta A., Blicharski T.: Charakterystyka ras świń utrzymywanych w kraju – rasy mateczne. *Gosp. Mięs.*, 2005, **5**, 8-10.
- [27] Wise G.: Pork quality. A guide to understanding colour and structure pork muscle. Jointed Publications of Research Branch (Locombe Meat Research Centre) and Food Production and Inspection Branch, Ottawa. Agriculture Canada Publication, 1981, pp. 5180/B.
- [28] Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute P.R., Sheard P.I., Richardson R.I., Hughes S. I., Whittington F.M.: Fat deposition, fatty acid composition and meat quality. A review. *Meat Sci.*, 2008, **78**, 343-358.
- [29] Wood J.D., Wiseman J., Cole D.J.A.: Control and manipulation of meat quality. In: *Principles of Pig Science*. Nottingham University Press, 1994, pp. 433-456.
- [30] Young J.F., Bertram H.C., Oksbjerg N.: Rest before slaughter ameliorates pre-slaughter stress-induced increased drip loss but not stress-induced increase in the toughness of pork. *Meat Sci.*, 2009, **83**, 634-641.

EFFECT OF FEEDING INTENSITY OF FATTENERS ON QUALITY OF MEAT**S u m m a r y**

The research study comprised 85 carcasses of fatteners derived from *Polish Large White* x *Polish Landrace* crossbred with boars of *Polish Landrace* breed. The experimental material was divided into three groups. The first group included pigs fattened using an intensive system (In) to a body weight of 120 kg. The animals from the second and third group were fattened using an extensive method to a body weight of 100 and 120 kg. In the *longissimus dorsi* (LD) and *semimembranosus* (SEM) muscles, pH values were measured 45 minutes and 24 hours post mortem. Moreover, in the LD muscle, there were determined: a basic chemical composition, level of drip loss and of cooking loss; also, sensory traits of the meat were evaluated.

It was found that the meat of fatteners fed using the intensive system was characterized by a lower drip loss (5.03 %) and lower cooking loss (27.90 %), as well as by a higher water holding capacity (32.08 %) compared to meat of fatteners fed extensively (respectively: 6.01 %, 30.62 %, and 32.93 %). In the group of pigs fed intensively, no PSE meat was found to occur, whereas in the two groups of fatteners fed extensively, three carcasses with pale, soft, and exudative meat was reported in each of group. The sensory evaluation revealed differences between the tenderness of meat from group III (3.99) and groups I (4.24) and II (4.18). No impact of the feeding system of pigs was reported on the flavour and juiciness of meat. There were no statistically significant ($p \leq 0.05$) differences among physicochemical and sensory characteristics of meat of pigs from groups showing various slaughter weight.

Key words: pigs: Polish large white (plw), Polish landrace (pl), crossbreeding, intense feeding, extensive feeding, meat quality ☒

KAROL BORZUTA, BRONISŁAW BORYS, DARIUSZ LISIAK,
EUGENIA GRZEŚKOWIAK, PIOTR JANISZEWSKI,
KRZYSZTOF POWAŁOWSKI, BEATA LISIAK

JAKOŚĆ MIĘSA, PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH I WARTOŚĆ RZEŻNA JAGNIĄT ŻYWIONYCH INTENSYWNIE Z UDZIAŁEM UBOCZNYCH PRODUKTÓW BIOPALIW

Streszczenie

Celem pracy była ocena jakości mięsa jagniąt tuczonych intensywnie mieszanką z udziałem suszonego wywaru kukurydzianego (DDGS) i nasion lnu w porównaniu z mięsem zwierząt kontrolnych. Badania wykonano na 20 tryczkach owcy kołudzkiej i jej mieszańcach tuczonych do masy ciała 35 ± 3 kg mieszanką standardową lub doświadczalną z udziałem 15 % DDGS i 5 % nasion lnu. Lipidy śródmięśniowe jagniąt grupy doświadczalnej charakteryzowały się większą zawartością kwasów tłuszczowych PUFA i MUFA oraz mniejszą zawartością kwasów tłuszczowych nasyconych. Stosunek kwasów C18:2 *n-6* do C18:3 *n-3* w mięsie tych jagniąt był korzystniejszy niż w mięsie zwierząt kontrolnych (odpowiednio: 3,81 i 6,69) i osiągnął poziom zgodny z zaleceniami żywieniowymi Światowej Organizacji Zdrowia. Nie stwierdzono istotnego wpływu żywienia mieszanką z udziałem ubocznych produktów biopaliw na analizowane parametry wartości rzeźnej, cechy fizykochemiczne i sensoryczne mięsa kulinarnego z udźca oraz na podstawowy skład chemiczny mięsa surowego i grillowanego, poza istotnie większą ($p \leq 0,05$) zawartością tłuszczu w mięsie surowym. Średnia zawartość tłuszczu w mięsie z udźca zwierząt doświadczalnych wyniosła 6,9 %, a w mięsie zwierząt kontrolnych – 5,6 %. Badane grupy jagniąt nie różniły się istotnie pod względem wyników tuczu. Średnie przyrosty dobowe tryczków w grupie doświadczalnej wyniosły 347 g, a w grupie kontrolnej – 369 g.

Słowa kluczowe: jagnięta, żywienie, uboczne produkty biopaliw, wartość rzeźna, jakość mięsa

Dr hab. K. Borzuta prof. IBPRS, dr D. Lisiak, dr hab. E. Grześkowiak prof. IBPRS, dr P. Janiszewski, mgr K. Powałowski, mgr B. Lisiak, Pracownia Badania Surowców i Produkcji Rzeźnianej, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, ul. Głogowska 239, 60-111 Poznań, prof. dr hab. B. Borys, Zakład Doświadczalny Koluda Wielka, Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Parkowa 1, 88-160 Janikowo. Kontakt: karol.borzuta@ibprs.pl

Wprowadzenie

Rozwój produkcji biopaliw umożliwił poszerzenie bazy paszowej w postaci produktów ubocznych tej branży, takich jak: makuchy, śruta rzepakowa oraz suszony wywar kukurydziany, tzw. DDGS. Produkty te znalazły zastosowanie w żywieniu zwierząt gospodarskich, m.in. trzody chlewnej, bydła i owiec [8, 21, 30]. Suszony wywar kukurydziany jest wartościową paszą energetyczno-białkową dla zwierząt gospodarskich, korzystnie oddziałującą na wyniki produkcyjne i umożliwiającą prozdrowotne modyfikowanie składu kwasów tłuszczowych mięsa jagniąt [4]. Wpływ tej paszy na efekty produkcyjne, wartość rzeźną i jakość mięsa nie został jeszcze dostatecznie zbadaany w tuczu jagniąt. Można oczekiwać, że suszony wywar kukurydziany, jako wysokoenergetyczny składnik dawki pokarmowej, wzbogacony w dodatek nasion lnu, przyczyni się do zróżnicowania składu tuszy, a także jakości mięsa oraz profilu kwasów tłuszczowych.

Wielu autorów wykazało, że jednym ze sposobów wzbogacenia mięsa w pożądane wielonienasycone kwasy tłuszczowe PUFA i jednonienasycone kwasy tłuszczowe MUFA jest stosowanie w diecie zwierząt olejów roślinnych lub nasion roślin oleistych [1, 16, 19, 32]. Pasze dla jagniąt ciężkich produkowanych w Polsce bazują przede wszystkim na roślinach zbożowych, które mają wysoką zawartość kwasu linolowego C18:2 z rodziny *n-6*. Powoduje to wzrost zawartości tego kwasu w lipidach mięsa oraz zmniejszenie zawartości kwasu linolenowego *n-3* PUFA, co zwiększa stosunek *n-6* do *n-3* i jest niekorzystne dla zdrowia konsumenta [32]. Według zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia stosunek kwasów PUFA *n-6* do *n-3* w diecie człowieka powinien być mniejszy od 4 : 1 [17]. Aby uzyskać mięso o pożądanym stosunku tych kwasów, należy zwiększyć w paszy zwierząt udział kwasów z rodziny *n-3* i zmniejszyć udział kwasów z rodziny *n-6*. Wyjątkowo wysoką wartość żywieniową i zdrowotną ma m.in. olej lniany, z powodu dużej zawartości kwasów z rodziny *n-3* [18].

Większość badaczy koryguje profil kwasów tłuszczowych poprzez wzbogacanie paszy dodatkami zasobnymi w kwasy pożądane, np. nasiona roślin oleistych, olej rybny, smalec, tyroksynę lub poprzez dodatek do paszy skoniugowanego dienu kwasu linolowego CLA [32] w ilości 0,5 do 2 % dawki pokarmowej. Borys i wsp. [3] już wcześniej wykazali, że mięso jagniąt żywionych mlekiem matki o zwiększonej zawartości CLA odznaczało się korzystnym profilem kwasów tłuszczowych.

Celem pracy była ocena jakości mięsa jagniąt doświadczalnych tuczonych intensywnie mieszanką z udziałem suszonego wywaru kukurydzianego i nasion lnu w porównaniu z mięsem jagniąt kontrolnych.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiło łącznie 20 tryczków plenno-mlecznej owcy kołudzkiej (KS) i jej mieszańców F_1 z trykami mięsnymi Ile de France. Jagnięta przydzielono losowo do 2 równych grup (po 50 % KS i F_1) i tuczono od odsadzenia w średnim wieku 8 tygodni do uzyskania masy ciała 35 ± 3 kg. Jagnięta w grupach żywiono *ad libitum* mieszankami pasz treściwych oraz sianem z traw (tab. 1). W grupie kontrolnej (K) stosowano mieszankę standardową bazującą na komponentach zbożowych i poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej, a w grupie doświadczalnej (D) – mieszankę, w której część komponentów zbożowych i śrutę rzepakowej zastąpiono suszonym wywarem kukurydzianym (15 % DDGS) i nasionami lnu (5 %), z dodatkiem witaminy E (0,2 %) (tab. 1).

Po zakończeniu tuczu jagnięta poddano ubojowi i ocenie wartości rzeżnej według metodyki Instytutu Zootechniki PIB [20]. Rozbiór półtuszy prawych na elementy kulinarne wykonywano według metodyki Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego [7].

Analizy podstawowego składu chemicznego oraz oznaczenia cech fizykochemicznych wykonywano na surowym i grillowanym mięsie kulinarnym z udźca. Odkostnione mięso z udźca z dodatkiem 2 % soli formowano w siatkach i poddawano dojrzewaniu przez 24 h w temp. 4 °C. Ze środkowej partii tak przygotowanego elementu kulinarnego wycinano plastry o grubości 1,5 cm, które grillowano dwustronnie (przez 5 min z każdej strony) na elektrycznym opiekaczu Expo Service GR 100 do osiągnięcia temp. 70 °C w centrum plastra.

Po 24 h od uboju w próbkach surowego mięsa z udźca oznaczano: pH za pomocą pH-metru firmy Sydel z elektrodą sztyletową, przewodność elektryczną (EC) za pomocą konduktometru MT-03, wodochłonność [9], wyciek naturalny (na podstawie różnicy masy próbki 50-gramowej przed i po 48 h przechowywania w temp. 4 °C w workach foliowych), barwę – przy użyciu kolorymetru Minolta CR-400 (obserwator standardowy CIE 1931, średnica otworu głowicy pomiarowej 8 mm, źródło światła ksenonowa lampa błyskowa, czas pomiaru 1 s) oraz wykonywano sensoryczną ocenę marmurkowatości w skali 5-punktowej, przy wykorzystaniu wzorców przetłuszczenia (od niewidocznego – 1 pkt do bardzo silnego – 5 pkt) [14]. W mięsie surowym i grillowanym oznaczano zawartość wody [24], tłuszczu [25] i białka [22]. Określano ubytki masy mięsa podczas obróbki cieplnej przez zważenie próbki przed obróbką i po niej [13]. Na próbkach mięsa grillowanego wykonywano pomiary kruchości przy użyciu szerometru Warnera-Bratzlera (WB) w urządzeniu Wick Roell Z 0.5 o sile 500 kN i prędkości przesuwu głowicy 100 mm/min oraz ocenę sensoryczną: zapachu, soczystości, kruchości i smakowitości. Ocenę w skali 5-punktowej przeprowadzał pięcioosobowy przeszkolony zespół [2].

Profil kwasów tłuszczowych oznaczano w lipidach surowego mięsa z udźca. Estry metylowe kwasów tłuszczowych badanych próbek przygotowywano według metody PN-EN ISO 12966-2 [23]. Profil kwasów tłuszczowych oznaczono metodą chromatografii gazowej przy użyciu aparatu firmy Hewlett Packard HP 6890, wyposażonego w detektor płomieniowy i w kolumnę wysokopolarną z fazą BPX 70 o długości 60 m, grubości 0,25 μm i średnicy wewnętrznej 0,22 mm. Zawartość badanych kwasów tłuszczowych wyrażono w procentach ogólnej ich ilości w próbce.

Wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica 6.0, obliczając wartości średnie i odchylenia standardowe. Statystyczną istotność różnic między wartościami średnimi grup określano za pomocą testu t-Studenta [26]. Poziom istotności różnic między średnimi podano w tabelach, przyjmując jako istotny poziom $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wyniki tuczu jagniąt

Tabela 1. Skład mieszanki treściwej [%] oraz spożycie dobowe pasz.

Table 1. Composition of concentrate mixture [%] and daily feed intake.

Komponent i dobowe spożycie Component and feed intake	Grupa żywieniowa Feeding group	
	K	D
Tłuszcz: / Fat [g]:		
- w 100 g s.m. dawki / in 100 g of d.m. of ration	1,7	4,6
- spożycie dobowe / daily consumption	20,9	57,9
Komponenty mieszanki: / Components of mixtures:		
- ziarno jęczmienia / barley grain	25,0	25,0
- śruta pszenna / ground wheat	25,5	23,5
- śruta rzepakowa / rapeseed meal	20,0	15,0
- DDGS	-	15,0
- nasiona lnu / linseeds	-	5,0
- susz z zielonki / dried forage	10,0	-
- suszone wysłodki buraczane / dried sugar beet pulp	18,0	15,0
- mieszanka mineralna / mineral mixture	0,5	0,5
- Premix	1,0	0,8
- Polfamix E	-	0,2
Spożycie [kg /szt.]: / Feed intake [kg /item]:		
- mieszanka treściwa / concentrate mixture	1,390	1,388
- siano z traw / grass hay	0,047	0,062

Objaśnienia: / Explanatory notes:

DDGS – suszony wywar kukurydziany (wszystkie frakcje) / dried spent corn (all fractions);

K – grupa kontrolna / control group; D – grupa doświadczalna / experimental group.

Zastosowanie mieszanki paszowej ze znacznym udziałem DDGS w tuczu jagniąt nie różnicowało dobowego jej spożycia, gdyż zarówno w grupie doświadczalnej (D), jak i kontrolnej (K) wynosiło ok. 1,39 kg/szt. (tab. 1). Zwierzęta grupy D otrzymywały mieszankę treściwą, która była znacznie bogatsza w tłuszcz, co spowodowało, że poziom dobowego spożycia tego składnika w tej grupie był niemal trzykrotnie większy niż w grupie K. Nie wpłynęło to jednak istotnie ($p > 0,05$) na tempo wzrostu jagniąt, a przyrosty dobowe na poziomie ok. 350 g uzyskane w okresie tuczu przez trzyczki z grupy doświadczalnej (tab. 2) należy uznać za zadowalające. Podobne tempo wzrostu intensywnie tuczonych jagniąt, na poziomie 350 g na dobę, uzyskano we wcześniej prowadzonych badaniach [5]. W nielicznych pracach nad zastosowaniem DDGS w żywieniu jagniąt stwierdzono, że nawet 60-procentowy udział tego komponentu w mieszankach nie miał ujemnego wpływu na wyniki tuczu i jakość tusz [27, 31].

Tabela 2. Wyniki tuczu i wartość rzeźna jagniąt.

Table 2. Fattening performance and slaughter value of lambs.

Cecha / Feature	Grupa żywieniowa Feeding group		p
	K	D	
Masa ciała: / Body weight [kg]:			
- na początku tuczu / at the beginning of fattening	22,18 ± 3,8	21,21 ± 3,37	0,51
- na końcu tuczu / at the end of fattening	35,67 ± 1,63	35,46 ± 2,07	0,79
Dni tuczu / Days of fattening	36,7 ± 8,32	41,4 ± 7,82	0,16
Przyrosty dobowe masy ciała / Daily gains [g]	369 ± 36,52	347 ± 44,28	0,20
Wydajność rzeźna / Carcass dressing [%]	45,5 ± 2,15	45,8 ± 2,01	0,70
Tłuszcz okołonerkowy / Kidney fat [%]	1,53 ± 0,57	1,97 ± 0,46	0,07
Oko polędwicy / Loin eye area [cm ²]	13,8 ± 1,20	13,2 ± 1,15	0,41
Grubość tłuszczu nad żebrami / Thickness of fat under ribs [mm]	5,7 ± 0,40	6,7 ± 0,35	0,15

Objaśnienia: / Explanatory notes:

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

p - oszacowany poziom istotności różnic / estimated level of significance differences. W tabeli przedstawiono wartości średnie ($\bar{x}$) ± odchylenia standardowe (s) / Table shows mean values ($\bar{x}$) and standard deviations (SD); n = 10.

Ocena wartości rzeźnej jagniąt

Żywienie mieszanką z DDGS nie wpłynęło istotnie ($p > 0,05$) na analizowane parametry wartości rzeźnej jagniąt (tab. 2). Trzyczki z obu grup żywieniowych uzyskały

podobną wydajność rzeźną i powierzchnię „oka” polędwicy. Nie stwierdzono współzależności pomiędzy żywieniem a wydajnością poszczególnych elementów kulinarnych półtuszy (tab. 3). W obu grupach na podkreślenie zasługuje wysoki udział sumy elementów kulinarnych w półtuszy (odpowiednio 66 % w grupie doświadczalnej i 64 % w grupie kontrolnej). Strzelecki i wsp. [29] wykazali, w badaniach wykonanych na takiej samej grupie rasowej (mieszance owcy kołudzkiej) żywionej mieszanką treściwą bez DDGS i bez nasion lnu, że udział elementów kulinarnych w półtuszy był mniejszy i wynosił ok. 63 %. Podobne, niższe wyniki wydajności mięsa kulinarnego uzyskali Borys i wsp. [6].

Tabela 3. Udział elementów kulinarnych uzyskanych z rozbioru półtuszy jagnięcych.

Table 3. Percent content of primal cuts derived from lamb half-carasses.

Wyszczególnienie / Specification	Grupa żywieniowa K Feeding group K		Grupa żywieniowa D Feeding group D		p
	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD	
Masa półtuszy / Half-carass weight [kg]	7,56	0,39	7,82	0,44	0,19
Rolada łopatkowa / Shoulder roulade [%]	10,53	2,30	11,55	1,11	0,22
Rolada karkowa / Cervical roulade [%]	9,21	1,57	10,02	1,00	0,18
Rolada mostkowa / Breast roulade [%]	9,29	0,75	9,74	0,80	0,22
Czopsy schabowe / Loin chops [%]	12,84	1,18	13,66	1,15	0,13
Mięso z udźca b/k / Meat from leg (no bones) [%]	18,81	1,18	17,89	1,94	0,22
Goleń tylna b/k / Back shank [%]	3,36	0,17	3,15	0,31	0,21
Mięsno kulinarne ogółem Total culinary meat [%]	64,04	2,06	66,01	4,29	0,09

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

Skład chemiczny i jakość mięsa jagniąt

Żywienie jagniąt mieszanką doświadczalną nie wpłynęło istotnie ($p > 0,05$) na zawartość wody i białka w mięsie surowym i grillowanym (tab. 4). Badany sposób żywienia nie różnicował również zawartości tłuszczu w mięsie grillowanym. Wyraźniejsze różnice wystąpiły natomiast pod względem zawartości tłuszczu w mięsie surowym. Mięso jagniąt żywionych mieszanką z DDGS zawierało go o 23,2 % więcej ($p \leq 0,05$). Podczas grillowania nastąpiły znaczne zmiany w składzie chemicznym mięsa, głównie zmniejszenie o ok. 14 punktów procentowych zawartości wody oraz wzrost o ok. 10 punktów procentowych zawartości białka i 3 - 4 punktów procentowych zawartości tłuszczu w obu badanych grupach. Zmiany te spowodowane zostały dużymi stratami termicznymi mięsa, w tym przede wszystkim ubytkiem wody. Mięso jagniąt z badanych

grup żywieniowych nie różniło się istotnie ($p > 0,05$) pod względem badanych cech fizykochemicznych, tj. przewodności elektrycznej, pH_{24} , wodochłonności oraz oceny marmurkowatości, jasności i tonu barwy oraz ubytków masy podczas grillowania (tab. 5). Nie stwierdzono również istotnych ($p > 0,05$) różnic między grupami zwierząt pod względem cech sensorycznych mięsa grillowanego z udźca. Na podkreślenie zasługują wysokie, nieróżniące się statystycznie istotnie ($p > 0,05$), oceny poszczególnych wyróżników jakości sensorycznej mięsa obu badanych grup jagniąt. W 5-punktowej skali ocen wartości średnie zawierały się od 4,3 do 4,6 punktów.

Wyniki uzyskane w zakresie podstawowego składu chemicznego mięsa oraz jego cech fizykochemicznych i sensorycznych pozwalają sądzić, że żywienie jagniąt mieszaną z dodatkiem 15 % suszonego wywaru kukurydzianego i 5 % nasion lnu nie spowodowało obniżenia jakości mięsa. Zastosowanie ww. komponentów oleistych miało jedynie istotny ($p \leq 0,05$) wpływ na zwiększenie zawartości tłuszczu w badanym mięsie, na co niewątpliwy wpływ miała bogatsza w tłuszcz dieta zwierząt doświadczalnych.

Tabela 4. Skład chemiczny surowego i grillowanego mięsa z udźca jagniąt [g/100 g].
Table 4. Chemical composition of raw and grilled meat from leg [g/100 g].

Składnik / Component	Grupa żywieniowa Feeding rroup		p
	K ($\bar{x} \pm s / SD$)	D ($\bar{x} \pm s / SD$)	
Mięso surowe: / Raw meat:			
- woda / water	73,0 ± 1,33	72,0 ± 2,32	0,24
- białko / protein	20,2 ± 1,01	19,9 ± 1,81	0,72
- tłuszcz/ fat	5,6 ± 1,01	6,9 ± 1,81	0,05
Mięso grillowane: / Grilled meat:			
- woda / water	59,0 ± 1,01	58,21 ± 0,81	0,72
- białko / protein	30,0 ± 1,69	31,0 ± 1,26	0,15
- tłuszcz / fat	9,8 ± 1,93	9,6 ± 1,38	0,73

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

Profil kwasów tłuszczowych mięsa jagniąt

Lipidy mięsa jagniąt żywionych DDGS oraz dodatkiem siemienia lnianego charakteryzowały się większą zawartością kwasów tłuszczowych PUFA ($p \leq 0,01$) i MUFA ($p \leq 0,05$) oraz mniejszą zawartością kwasów tłuszczowych SFA ($p \leq 0,01$),

Tabela 5. Cechy fizykochemiczne mięsa surowego oraz wyniki oceny sensorycznej mięsa grillowanego z jagniąt.

Table 5. Physico-chemical characteristics of raw meat and results of sensory assessment of grilled lamb meat.

Cecha / Characteristic	Grupa żywieniowa Feeding group		p
	K ($\bar{x} \pm s / SD$)	D ($\bar{x} \pm s / SD$)	
EC ₂₄ [mS]	4,0 ± 1,20	3,4 ± 0,67	0,16
pH ₂₄	5,78 ± 0,09	5,78 ± 0,09	0,83
Wodochłonność / WHC [%]	27,8 ± 1,61	28,7 ± 1,49	0,21
Marmurkowatość [pkt] Marbling, [points]	1,65 ± 0,52	1,69 ± 0,48	0,85
Barwa / Colour L*	42,3 ± 1,80	44,5 ± 1,40	0,25
a*	12,7 ± 0,88	12,7 ± 1,89	0,95
b*	2,9 ± 1,05	3,1 ± 0,98	0,61
Ocena sensoryczna [pkt]: / Sensory assessment (points):			
- zapach / smell	4,5 ± 0,11	4,6 ± 0,22	0,37
- soczystość / juiciness	4,6 ± 0,25	4,5 ± 0,21	0,25
- kruchość / tenderness	4,5 ± 0,24	4,3 ± 0,31	0,13
- smakowitość / flavour	4,6 ± 0,21	4,6 ± 0,24	0,54
Siła cięcia / Shear force [N]	66,7 ± 12,91	68,7 ± 10,32	0,71
Ubytki termiczne Thermal losses [%]	28,4 ± 4,81	28,3 ± 2,56	0,99

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

w tym kwasu palmitynowego C16:0, który jest najliczniejszym kwasem tej grupy (tab. 6). W tłuszczu śródmięśniowym jagniąt doświadczalnych stwierdzono także większą zawartość kwasów tłuszczowych C18:3 *n*-3 oraz C18:2 *n*-6 ($p \leq 0,01$), a stosunek kwasów *n*-6 do *n*-3 okazał się korzystniejszy niż w grupie kontrolnej (3,81 : 1 wobec 6,69 : 1), przy czym różnice były statystycznie istotne ($p \leq 0,01$). Uzyskano korzystne, zalecane przez Światową Organizację Zdrowia proporcje tych dwóch ważnych kwasów, tj. poniżej 4 : 1. Podobne efekty uzyskali Lisiak i wsp. [16], którzy porównywali wpływ podawania tucznikom w paszy tłuszczów różnego pochodzenia (oleju lnianego, oleju rzepakowego, oleju rybnego, smalcu) na jakość mięsa wieprzowego i profil kwasów tłuszczowych. Stwierdzono, że najniższym poziomem kwasów PUFA w surowej słoninie i tłuszczu śródmięśniowym charakteryzowały się zwierzęta żywione dodat-

kiem oleju rzepakowego, rybnego i smalcu, korzystniejszym natomiast – grupy tuczniaków otrzymujące olej lniany. Wymienieni autorzy wykazali, że rodzaj tłuszczu wpłynął także na poziom kwasów PUFA $n-3$, co w konsekwencji różnicowało istotnie ($p \leq 0,01$) stosunek kwasów $n-6$ do $n-3$ w tłuszczu podskórnym. Stosunek tych kwasów w mięsie zwierząt otrzymujących większą dawkę oleju lnianego był korzystniejszy (około 3 : 1) niż w mięsie świń, które otrzymywały w większej proporcji olej rzepakowy i rybny (ok. 5,5 : 1). W mięsie tuczników żywionych standardową mieszanką zbożową stwierdza się wysoki, niekorzystny stosunek kwasów $n-6$ do $n-3$, na ogół 10 ÷ 15 : 1 [12, 13]. Jak podkreślają Grela i Orlicki [10], do mieszanek paszowych dla świń dodaje się tłuszcze roślinne dość powszechnie w celu prozdrowotnego modyfikowania składu kwasów tłuszczowych w lipidach i w mięsie spożywanym przez ludzi oraz w celu zwiększenia wartości energetycznej pasz. Okazuje się, że sposób ten przynosi podobne, pozytywne efekty również w żywieniu jagniąt, na co zwrócili uwagę Borys i wsp. [3], Gruszecki i wsp. [11], Siemińska i wsp. [28], a także w żywieniu koźląt

Tabela 6. Profil kwasów tłuszczowych [%] mięsa z udźca jagniąt żywionych paszą z dodatkiem suszonego wywaru kukurydzianego (DDGS) i nasion lnu oraz jagniąt kontrolnych.

Table 6. Profile of fatty acids [%] in leg meat of lambs fed feed supplemented with maize distillers' dried grains (DDGS) and linseeds and of control lambs.

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Grupa kontrolna K Control group		Grupa doświadczalna D Experimental group		p
	$\bar{x}$	s / SD	$\bar{x}$	s / SD	
SFA	47,05	2,02	43,31	2,23	0,001
PUFA	4,44	0,81	6,23	0,69	0,0001
MUFA	47,76	1,80	49,62	1,72	0,029
C18:2 n6	3,09	0,51	4,18	0,47	0,0001
C18:3 n3	0,48	0,14	1,12	0,25	0,000002
PUFA n6:n3	6,69	1,34	3,81	0,46	0,000005
Cholesterol [mg/100 g]	53,91	7,78	54,31	6,90	0,90
CLA (C9T11)	0,49	0,11	0,51	0,14	0,61
C14:0	3,48	0,75	3,08	0,68	0,23
C16:0	23,40	1,40	21,2	1,07	0,0009
C17:0	1,89	0,24	1,64	0,39	0,11
C18:0	15,59	1,54	14,95	2,29	0,47
C16:1	2,58	0,25	2,38	0,47	0,25
C17:1	1,03	0,23	0,90	0,36	0,35
C18:1	43,26	1,67	45,38	1,40	0,001

[15]. Badania nie wykazały wpływu żywienia ubocznymi produktami biopaliw na zawartość cholesterolu w tłuszczu śródmięśniowym jagniąt.

Wnioski

1. W warunkach tuczu intensywnego jagniąt-tryczków do masy ciała 35 ± 3 kg, żywienie mieszanką zawierającą 15 % suszonego wywaru kukurydzianego i 5 % nasion lnu pozwoliło uzyskać wysokie tempo wzrostu jagniąt (na poziomie 350 g na dobę), nieróżniące się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) od uzyskanego przy stosowaniu mieszanki standardowej, bazującej na komponentach zbożowych i poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej.
2. Nie stwierdzono istotnego ($p > 0,05$) wpływu żywienia jagniąt ubocznym produktem biopaliw, jakim jest suszony wywar kukurydziany (DDGS), na wartość rzeźną jagniąt i wyniki rozbioru półtuszy. Żywienie mieszanką z DDGS i nasionami lnu nie wpłynęło również istotnie ($p > 0,05$) na analizowane cechy fizykochemiczne i sensoryczne mięsa kulinarnego z udźca oraz podstawowy skład chemiczny mięsa surowego i grillowanego, poza istotnie ($p \leq 0,05$) większą zawartością tłuszczu w mięsie surowym.
3. Jagnięta grupy doświadczalnej żywione dodatkiem suszonego wywaru kukurydzianego oraz dodatkiem nasion lnu zawierały w mięśniach lipidy bogatsze w kwasy tłuszczowe PUFA i MUFA oraz uboższe w kwasy SFA, a stosunek kwasów C18:2 *n*-6 do C18:3 *n*-3 był w mięsie tych zwierząt bardziej korzystny, zgodny z zaleceniami żywieniowymi Światowej Organizacji Zdrowia.

Badania zrealizowano w ramach projektu „BIOŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” nr PIOG 01.01.02-014-090/09 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 - 2013.

Literatura

- [1] Barowicz T., Kędzior W. : Wykorzystanie pełnotłustych nasion lnu oraz zróżnicowanych dawek witaminy E do modyfikacji składu chemicznego i walorów dietetycznych mięsa wieprzowego. Zesz. Nauk. Przegl. Hod., 2000, **48**, 161-174.
- [2] Barylko-Pikielna N. Matuszewska I.: Sensoryczne badania żywności. Podstawy – metody – zastosowania. Wyd. II. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2014.
- [3] Borys B., Borys A., Mroczkowski S., Grześkiewicz S. : Charakterystyka wartości rzeźnej i jakości mięsa jagniąt mlecznych oraz jej zróżnicowanie w zależności od poziomu SKL w mleku matek. Rocz. Inst. Przem. Mięs. Tł., 1999, **36**, 115-125.
- [4] Borys B., Grześkiewicz S., Siekierko U., Grześkowiak E., Borys A.: Lipid profile of raw and grilled lamb meat when using rapeseed cake or DDGS diets with hay or pasture grazing. Proc. 8th Int. Symp.

- on the Nutrition of Herbivores (ISNH8), Advances in Animal Biosciences. Cambridge University Press, 2011, **2**, 2, 505.
- [5] Borys B., Pietras M.: Produkty uboczne wytwarzania biodiesla – wykorzystanie w żywieniu małych przeżuwaczy. Konf. Nauk.-Techn. w Cieszynie. Rolnictwo XXI wieku – nowe aspekty gospodarowania (Red. K. Węglarzy). Kraków - Grodziec Śląski, 2010, ss. 277-290.
- [6] Borys B., Strzelecki J., Grześkowiak E.: Wstępne badania nad wpływem stosowania makuchu rzepakowego i nasion lnu bez lub z suplementacją witaminą E na uzysk i jakość elementów kulinarnych jagniąt z uwzględnieniem metody obróbki termicznej. Roczn. Nauk. PTZ, 2008 **4**, (4), 97-110.
- [7] Borzuta K., Strzelecki J.: Możliwości produkcji dobrej jakości mięsa kulinarnego z jagniąt. Roczn. Nauk. Zoot., 2001, 11, Supl., 13-21.
- [8] Brzóska F.: By-product fodders from the biofuels production and its relevance in the country's fodder balance. Proc. Scientific and Technical Conference POLAGRA Poznań 2004, Instytut Zootechniki Kraków, ss. 5-14.
- [9] Grau R., Hamm R.: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung in Fleisch. Fleischwirtschaft 1952, **4**, 295-297.
- [10] Grela E.R., Orlicki L.: Tłuszcze w żywieniu świń. Trzoda Chlewna, 2002, **40**, 2, 54-56.
- [11] Gruszecki T.M., Junkuszew A., Lipiec A., Lipecka Cz., Szymanowska A., Patkowski K., Szymanowski M.: Composition of fatty acids of muscle tissue of lambs fed feedstuff supplemented with flax seeds. Arch. Tier. Spec. Iss., **49**, 181-185.
- [12] Grześkowiak E., Borzuta K., Borys A., Grześkiewicz S., Strzelecki J.: Skład kwasów tłuszczowych mięśni *longissimus dorsi* i *biceps femoris* świń puł × pbz oraz Naima × P-76 z gospodarstw chłopskich. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **3** (44) Supl. 48-52.
- [13] Grześkowiak E., Borzuta K., Lisiak D., Strzelecki J., Janiszewski P.: Właściwości fizykochemiczne oraz skład kwasów tłuszczowych mięśnia *longissimus dorsi* mieszańców pbz × wbp oraz pbz × (d × p). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **6** (73), 189-198.
- [14] Grześkowiak E., Borzuta K., Obiedziński M.: Fatty acid content of pork depending on swine genotype. Ann. Anim. Sci., 2002, **21**, 95-100.
- [15] Horoszewicz E., Pieniak-Lendzion K., Niedziółka R.: Wyniki tuczu i wartości rzeźna koziołków żywionych paszą z dodatkiem nasion lnu. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **2** (69), 40-45.
- [16] Lisiak D., Grześkowiak E., Borzuta K., Raj S., Janiszewski P., Skiba G.: Study on the influence of the pig feeding using the supplement of vegetable and animal fats in feed on the slaughter value of fatteners, meat quality and fatty acid profile. Czech J. Animal Sci., 2013, **58**, (11), 497-511.
- [17] Makala H., Kern-Jędrzychowski J.: Ocena modelowych przetworów mięsnych z dodatkiem olejów z ryb w aspekcie charakterystyki profilu kwasów tłuszczowych i przebiegu zmian oksydacyjnych. Roczn. Inst. Przem. Mięs. Tłuszcz., 2006, **44/2**, 117-129.
- [18] Migdał W., Paściak P., Gardziński A., Barowicz T., Pieszak M., Wojtysiak D.: Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na jakość wieprzowiny. Prace i Materiały Zootechniczne, Zesz. Spec., 2004, **15**, 103-118.
- [19] Mińkowski K., Grześkiewicz S., Jerzewska M., Ropelewska M.: Charakterystyka składu chemicznego olejów roślinnych o wysokiej zawartości kwasów linolenowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **6** (73), 146-157.
- [20] Nawara W., Osikowski M., Kluz J., Modelski M.: Wycena tryków na podstawie badania wartości potomstwa w Stacjach Oceny Tryków Instytutu Zootechniki na rok 1962. Wyd. Instytutu Zootechniki, Kraków 1963, **166**.
- [21] Oprządek J., Oprządek A.: Modyfikacja składu kwasów tłuszczowych u przeżuwaczy. Med. Weter., 2003, **6** (59), 492-495.
- [22] PN-75/A-04018. Oznaczenie zawartości białka metodą Kjeldahla.

- [23] PN-EN ISO 12966-2:2011, Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych - Część 2: Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- [24] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości wody i suchej masy.
- [25] PN-ISO 1444:2000. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczenie tłuszczu metodą Soxhleta.
- [26] Ruszczyc Z. : Metodyka doświadczeń zootechnicznych. PWRiL, Warszawa 1991.
- [27] Schauer C.S., Stamm M.M., Maddock T.D., Berg B.P.: Feeding of DDGS in lamb rations. Feeding dried distillers grains with solubles as 60 percent of lamb finishing rations results in acceptable performance and carcass quality. *Sheep Goat Res. J.*, 2008, **23**, 15-19.
- [28] Siemińska E., Borys B., Biernacka H.: Wpływ żywienia jagniąt makuchem słonecznikowym i nasionami lnu bez lub z dodatkiem witaminy E na profil kwasów tłuszczowych mięsa, wątroby i serca. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **1 (74)**, 39-51.
- [29] Strzelecki J., Borzuta K., Grześkowiak E., Borys B., Borys A., Lisiak D.: Wpływ tuczu jagniąt paszami suchymi lub z udziałem zielonek na uzysk elementów kulinarnych oraz podstawowy skład chemiczny i cechy sensoryczne mięsa. *Rocz. Inst. Przem. Mies. Tłuszcz.*, 2008, **3 (46)**, 59-71.
- [30] Strzetelski J., Zymon M.: Utilization of distillers dried grain with solubles and cake of rapeseed and primrose in cattle feeding. *Proc. Scientific and Technical Conference POLAGRA Poznań 2004*, Instytut Zootechniki Kraków 2004, ss. 24-38.
- [31] Susin J., Radunz A., Clevenger D.D., Lowe G.D., Tirabasso P.A., Loerch S.C.: Dried distillers grains as a supplement for finishing ewe lambs. *J. Anim. Sci.*, 2008, **2 (86) E-Suppl.**, 498-499.
- [32] Żak G., Pieszcza M.: Improving pork quality through genetics and nutrition. *Ann. Anim. Sci.*, 2009, **4 (9)**, 327-338.

QUALITY OF MEAT, FATTY ACID PROFILE, AND SLAUGHTER VALUE OF LAMBS INTENSIVELY FED FEED SUPPLEMENTED WITH BIOFUEL CO-PRODUCTS

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the meat quality of lambs fattened using a mixture with maize distillers' dried grains (DDGS) and linseeds, and to compare that quality with the meat quality of control lambs. The study comprised 20 rams of Kołuda sheep and of their crosses; they were fattened to a body weight of 35 ± 3 kg using a standard or an experimental mixture that had 15 % of DDGS and 5 % of linseeds. The intramuscular lipids of lambs from the experimental group were characterized by a higher content of PUFA and MUFA fatty acids and a lower content of saturated fatty acids. The ratio of C18:2 n-6 acid to C18:3 n-3 acid in the meat of those lambs was more advantageous than in the meat of control animals (3.81 and 6.69, respectively) and its level was conformable to the dietary level as recommended by the World Health Organization. There was reported no significant effect of feeding the lambs using the experimental mixture supplemented with bio-fuel co-products on the analyzed parameters of slaughter value, physicochemical and organoleptic characteristics of culinary meat from the leg, and on the basic chemical composition of raw and grilled meat except for the significantly higher ($p \leq 0.05$) fat content in the raw meat. The average fat content in leg meat was 6.9 % in the experimental group and 5.6 % in the control group. The groups of lambs analyzed did not differ significantly as regards the fattening performance. The average daily gains of rams in the experimental group were 347 g and of rams in the control group: 365 g.

Key words: lambs, feeding, biofuel co-products, slaughter value, meat quality 

JAROSŁAW PAROL, RENATA PIETRZAK-FIEĆKO, STEFAN S. SMOCZYŃSKI

**WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE
(WWA) W WĘDZONYM PSTRĄGU TĘCZOWYM
(*ONCORHYNCHUS MYKISS*)**

Streszczenie

Celem pracy było porównanie zawartości ośmiu wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w mięsie pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*), wędzonych metodą tradycyjną, z surowca świeżego i rozmrożonego, z ich zawartością w rynkowych rybach wędzonych różnymi metodami (w wędzarni z zewnętrzną wytwornicą dymu, tradycyjnie i przy użyciu preparatu dymu wędzarniczego). Oznaczenie WWA wykonano metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detektorem fluorescencyjnym. Maksymalne dopuszczalne stężenia badanych WWA w mięsie ryb wędzonych różnymi metodami nie zostały przekroczone w żadnej z analizowanych próbek, a średnia zawartość wahała się w granicach od < 0,30 µg/kg mięsa do 1,03 µg/kg mięsa, natomiast ΣWWA4 (benzo(a)piren + chryzen + benzo(a)antracen + benzo(b)fluoranten) nie przekroczyła 5,00 µg/kg mięsa. Analiza mięsa pstrągów tęczowych dostępnych na rynku lokalnym wykazała większą zawartość wybranych WWA w rybach wędzonych tradycyjnie niż w rybach wędzonych współczesnymi metodami. Średnia zawartość benzo[a]pirenu w mięsie pstrąga tęczowego wędzonego tradycyjnie z surowca świeżego wahała się od < 0,30 µg/kg do 0,57 µg/kg mięsa, w rybach wędzonych z surowca rozmrożonego od < 0,30 µg/kg do 0,70 µg/kg mięsa, natomiast największą zawartość benzo[a]pirenu oznaczono w rybach zakupionych w zakładach przetwórczych, deklarowanych jako wędzone tradycyjnie – 1,03 µg/kg mięsa. Na podstawie badań stwierdzono, że zawartość WWA w mięsie wędzonego pstrąga tęczowego, niezależnie od zastosowanej metody produkcji, nie stanowi zagrożenia dla zdrowia konsumentów i nie zmniejsza żywieniowych wartości tej ryby.

Słowa kluczowe: pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss*), wędzenie różnymi metodami, wybrane WWA, najwyższe dopuszczalne poziomy WWA

Wprowadzenie

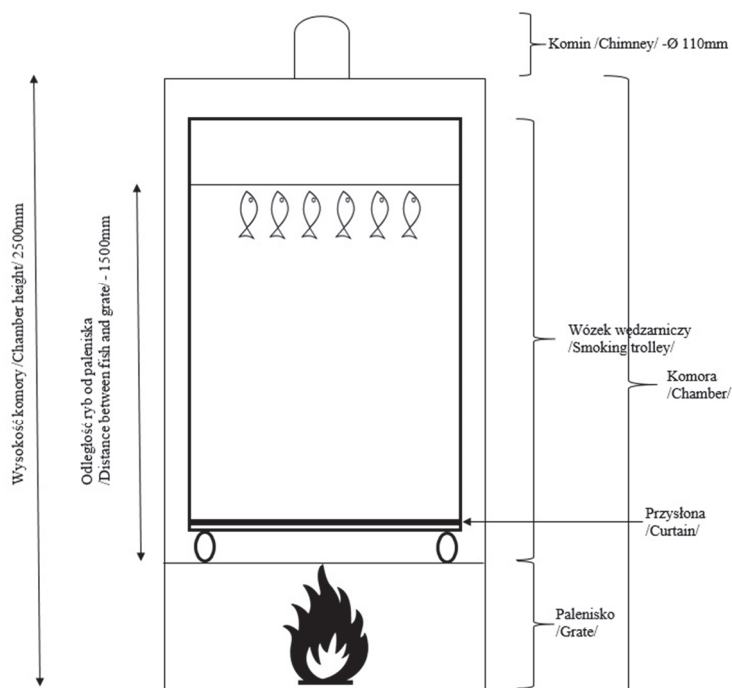
Powszechnie zalecana jest dieta bogata w mięso i przetwory z ryb. Tym produktom przypisuje się rolę wspomagającą w utrzymaniu kondycji fizycznej i psychicznej [1, 6]. Lipidy rybne odróżniają się od lipidów zwierząt lądowych pod względem składu kwasów tłuszczowych. Ogólna zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych (*saturated fatty acids* – SFA) w tłuszczu ryb kształtuje się na poziomie $24 \div 38$ %, monoeno-owych (*monounsaturated fatty acids* – MUFA) – $21 \div 42$ % i polienowych (*polyunsaturated fatty acids* – PUFA) – $26 \div 45$ %. Ryby chude zawierają więcej kwasów polienowych, a ryby tłuste – kwasów monoenowych. Charakterystyczną cechą lipidów rybnych jest obecność w nich długołańcuchowych polienowych kwasów tłuszczowych, głównie kwasu eikozapentaenowego (EPA) $20 : 5$, dokozaheksaenowego (DHA) $22 : 6$ i występującego w niewielkich ilościach kwasu dokozapentaenowego (DPA) $22 : 5$ [2, 7]. Zawartość LC PUFA zależy od gatunku ryby i czynników biologicznych. Najwięcej jest ich w lipidach ryb morskich, pochodzących z zimniejszych wód, mniej w słodkowodnych, a najmniej w rybach hodowlanych. Jednak w akwakulturze, dzięki odpowiedniemu sposobowi żywienia, możliwa jest znaczna modyfikacja składu kwasów tłuszczowych w mięsie ryb. Ryby i produkty przetwórstwa rybnego wykazują udokumentowaną wartość odżywczą i właściwości funkcjonalne, ale obecność w nich toksycznych związków może nie tylko obniżać ich jakość, ale wręcz szkodliwie oddziaływać na zdrowie konsumentów [14]. Ważna jest więc ocena procesów przetwórczych, gdyż niewłaściwa technologia może wprowadzać lub powodować powstawanie w żywności związków szkodliwych, a nawet toksycznych. Taka sytuacja może dotyczyć wędzonych ryb, gdyż w czasie wędzenia do żywności mogą przedostawać się, uznane za szkodliwe, a niektóre nawet za kancerogenne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne [3, 11, 13]. Obserwuje się ich szczególnie dużą kumulację w tłuszczu wędzonych wędlin i ryb [8]. Polska jest drugim, po Danii, największym producentem pstrąga wędzonego w Europie [9]. Zastosowanie nowoczesnych technologii wędzenia może zapobiec zanieczyszczaniu ryb wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi [12].

Celem pracy było porównanie zawartości wybranych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu i benzo(g,h,i)peryleny) w mięsie pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*) wędzonych metodą tradycyjną, z surowca świeżego i rozmrożonego, z ich zawartością w rynkowych rybach wędzonych różnymi metodami (wędzone: w wędzarni z zewnętrzną wytwornicą dymu, tradycyjnie i przy użyciu preparatu dymu wędzarniczego) – w kontekście zmiany rozporządzenia ustalającego najwyższe dopuszczalne poziomy tych związków w produktach spożywczych.

Materiał i metody badań

Łącznie przebadano 36 sztuk pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*), z czego 27 ryb pozyskano od trzech wybranych hodowców (A, B, C – po 9 sztuk od każdego), a pozostałe 9 sztuk zakupiono od trzech różnych przetwórców ryb. Były to ryby o masie od 340 do 530 g, charakteryzujące się następującą średnią zawartością tłuszczu: ryby świeże – 6,14 %, ryby wędzone z surowca świeżego – 5,31 % oraz ryby wędzone z surowca rozmrożonego – 4,18 %.

Do oznaczenia początkowej zawartości WWA przeznaczono 9 ryb świeżych (po 3 sztuki od każdego hodowcy). Kolejnych 9 ryb świeżych (po 3 sztuki od każdego hodowcy) przeznaczono do wędzenia tradycyjnego (często określanego również mianem bezpośredniego). Tradycyjne wędzenie przebiegało w następujący sposób: wszystkie ryby wędzono na jednym poziomie wózka w komorze wędzarniczej murowanej z cegły (wymiary [m]: $1 \times 1 \times 2,5$), opalanej sezonowanym przez 2 lata, okorowanym drewnem olchowym. Palenisko znajdowało się bezpośrednio pod rybami, ogień nie miał możliwości bezpośredniego kontaktu z produktem poprzez zastosowanie przysłony, temperatura osuszania wynosiła 40 °C przez 30 min, a wędzenie właściwe odbywało się przez 2 h w temp. 60 °C (rys. 1).



Rys. 1. Schemat komory wędzarniczej.

Fig. 1. Schematic drawing of smoking chamber.

Badaniem objęto również ryby mrożone, z uwagi na częste ich wykorzystywanie przez producentów jako surowca do wędzenia. Podczas procesu rozmrażania następuje częściowy wyciek tłuszczu oraz ubytek śluzu z powierzchni skóry ryby, co może mieć wpływ na zawartość WWA w gotowym produkcie. W tym celu partię 9 ryb świeżych (po 3 sztuki od każdego hodowcy) zamrożono w mroźni i przechowywano przez 6 miesięcy w temperaturze poniżej $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, po czym rozmrożono je w temp. ok. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i poddano takiemu samemu procesowi tradycyjnego wędzenia jak ryby świeże.

W celu porównania otrzymanych wyników zawartości WWA z produktami rynkowymi dokonano zakupu dziewięciu pstrągów tęczowych wędzonych trzema różnymi metodami w wybranych zakładach przetwórczych (po trzy z każdego zakładu). Według deklaracji producentów pierwsze trzy próbki były wędzone w wędzarni z zewnętrzną wytwornicą dymu (tzw. wędzenie pośrednie), kolejne trzy zostały uwędzone tradycyjnie, natomiast ostatnie trzy ryby były wyprodukowane przy użyciu preparatu dymu wędzarniczego.

Mięso ryb oddzielano od ości i mielono bez skóry (część jadalna). Przygotowanie próbki polegało na ekstrakcji frakcji lipidowej z próbki z dodatkiem standardu wewnętrznego (benzo(b)chryzenu), mieszaniną chloroformu i metanolu (w stosunku 2 : 1), wydzieleniu części chloroformowej zawierającej frakcję lipidową WWA, odparowaniu chloroformu w strumieniu azotu, przeniesieniu suchej pozostałości do chlorku metylenu i poddanie jej analizie metodą chromatografii preparatywnej (SEC – *size exclusion chromatography*). Warunki rozdziału były następujące: kolumna $\mu\text{gel} - 5\text{ mm}$, $50\text{ }\text{\AA}$, $600 \times 7,8\text{ mm I.D.}$, faza ruchoma – dichlorometan, detektor UV – 254 nm , temp. $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, szybkość przepływu 1 ml/min , naniesiona objętość – $400\text{ }\mu\text{l}$. Eluent zbierano w kolektorze frakcji, a następnie odparowywano do sucha w strumieniu azotu w łaźni wodnej. Suchą pozostałość rozpuszczano w $200\text{ }\mu\text{l}$ acetonitrylu i наносono na szczyt kolumny chromatograficznej aparatu HPLC/FLD.

Oznaczenie ośmiu wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych: fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu i benzo(g,h,i)peryleny prowadzono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detektorem fluorescencyjnym. Warunki rozdziału były następujące: kolumna Hypersil Green PAH, 5 mm , $250 \times 3\text{ mm I.D.}$, faza ruchoma gradient acetonitrylu i wody, temp. $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, szybkość przepływu $0,8\text{ ml/min}$, наносzona objętość $20\text{ }\mu\text{l}$ (tab. 1). Wynik wyrażano w mikrogramach na kilogram tkanki mięsnej ryby bez skóry.

Obliczano wartości średnie i odchylenia standardowe oraz zastosowano test Dun-cana do określenia istotności różnic statystycznych między wartościami średnimi na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Do obliczeń używano programu Statistica 9.1 PL.

Tabela 1. Parametry rozdziału metody HPLC/FLD.
Table 1. Separation parameters of HPLC/FLD method.

Gradient acetonitrylu i wody Gradient of acetonitrile and water			
Czas [min] Time [min]	Acetonitryl [%] Acetonitrile [%]	Woda [%] Water [%]	
0	50	50	
20	100	0	
35	100	0	
45	50	50	
Długości fali wzbudzenia i emisji detektora fluorescencyjnego oraz granica oznaczalności metody dla poszczególnych WWA Excitation and emission wavelengths of fluorescence detector and limit of quantification (LOQ) for selected PAHs			
WWA PAHs	Wzbudzenie Excitation [nm]	Emisja Emission [nm]	Granica oznaczalności LOQ [µg/kg mięsa/ of meat]
Fluoranten / Fluoranthene	462	324	-
Piren / Pyrene			-
Benzo(a)antracen / Benzo(a)anthracene	270	385	0,50
Chryzen / Chrysene			0,40
Benzo(b)fluoranten / Benzo(b)fluoranthene	256	446	0,30
Benzo(k)fluoranten / Benzo(k)fluoranthene			-
Benzo(a)piren / Benzo(a)pyrene	292	410	0,30
Benzo(g,h,i)perylen / Benzo(g,h,i)perylene			-

Wyniki i dyskusja

W surowym mięsie pstrągów tęczowych, pochodzących od trzech producentów (A, B, C), nie stwierdzono zawartości żadnego z ośmiu wybranych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w ilości większej niż wartość stanowiąca granicę oznaczalności metody.

W tkance mięśniowej tych ryb, wędzonych metodą tradycyjną z surowca świeżego, oznaczono osiem wybranych WWA. Największą średnią zawartość fluorantenu (21,15 µg/kg mięsa) oznaczono w mięsie ryb producenta C, a najmniejszą (9,43 µg/kg mięsa) – producenta A. Najwięcej pirenu (19,33 µg/kg mięsa) było w tkance ryb producenta C, a najmniej (7,45 µg/kg mięsa) – producenta A. Największą średnią zawartość benzo(a)antracenu (0,4 µg/kg mięsa) oznaczono w mięsie ryb producenta C, na-

tomiast w mięsie ryb producenta A średnia zawartość tego związku była poniżej granicy oznaczalności metody, czyli poniżej 0,30 µg/kg mięsa. Ryby producenta B wyróżniały się największą średnią zawartością chryzenu (1,23 µg/kg mięsa), natomiast ryby producenta A zawierały go średnio najmniej (1,00 µg/kg mięsa). W przypadku benzo(b)fluorantenu najwięcej (0,86 µg/kg mięsa) było go w mięsie ryb producenta C, a najmniej (0,55 µg/kg mięsa) w rybach producenta A. Natomiast benzo(k)fluoranten wykryto jedynie w tkance ryb producenta B – średnio 0,34 µg/kg mięsa, a ryby producentów A i C zawierały go mniej niż 0,30 µg/kg mięsa. Największą zawartość benzo(a)pirenu (0,57 µg/kg mięsa) oznaczono w mięsie ryb producenta C. W żadnej z analizowanych próbek nie wykryto benzo(g,h,i)peryleny (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość wybranych WWA w rybach świeżych, tradycyjnie wędzonych, pochodzących od trzech producentów (A, B, C) [µg/kg mięsa].

Table 2. Content of selected PAHs in fresh, traditionally smoked fish derived from three producers (A, B, and C) [µg/kg of meat].

WWA PAHs	Producent / Producer		
	A	B	C
Fluoranten / Fluoranthene	9,43 ^a ± 0,33	14,66 ^b ± 0,44	21,15 ^c ± 1,79
Piren / Pyrene	7,45 ^a ± 0,27	11,85 ^b ± 0,13	19,33 ^c ± 2,73
Benzo(a)antracen / Benzo(a)anthracene*	pgo	0,32 ^a ± 0,02	0,40 ^b ± 0,01
Chryzen / Chrysene*	1,00 ^a ± 0,04	1,23 ^b ± 0,13	1,17 ^{ab} ± 0,22
Benzo(b)fluoranten / Benzo(b)fluoranthene*	0,55 ^a ± 0,05	0,72 ^b ± 0,07	0,86 ^c ± 0,04
Benzo(k)fluoranten / Benzo(k)fluoranthene	pgo	0,34 ± 0,03	pgo
Benzo(a)piren / Benzo(a)pyrene*	pgo	0,40 ± 0,06	0,57 ^c ± 0,04
Benzo(g,h,i)Perylen / Benzo(g,h,i)Perylene	pgo	pgo	pgo

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 9;

pgo – poniżej granicy oznaczalności / below limit of quantification; a, b, c – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,051$ / mean values in rows and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$;

* – zaznaczone WWA wchodzą w skład sumy WWA4 / marked PAHs are included in ΣPAH4.

Badaniom poddano również pstrągi tęczowe przechowywane zamrażalniczo, a po rozmrożeniu wędzone metodą tradycyjną, pochodzące z tych samych partii, co ryby świeże. Największą średnią zawartość fluorantenu (13,97 µg/kg mięsa) oznaczono w mięsie ryb producenta C, a najmniejszą (8,29 µg/kg mięsa) – producenta A. Najwię-

cej pirenu ($13,19 \mu\text{g/kg}$ mięsa) zawierały ryby producenta C, a najmniej ($8,15 \mu\text{g/kg}$ mięsa) – producenta A. Benzo(a)antracen został wykryty jedynie w rybach producenta C (średnio $0,60 \mu\text{g/kg}$ mięsa). Ryby producenta C zawierały najwięcej chryzenu ($1,20 \mu\text{g/kg}$ mięsa), natomiast ryby producenta A zawierały go najmniej ($0,46 \mu\text{g/kg}$ mięsa). Wykazano największą zawartość benzo(b)fluorantenu ($0,80 \mu\text{g/kg}$ mięsa) w rybach producenta C, a najmniejszą ($0,36 \mu\text{g/kg}$ mięsa) – producenta A. Benzo(k)fluoranten wykryto jedynie w rybach producenta C ($0,40 \mu\text{g/kg}$ mięsa), natomiast w rybach pozostałych producentów oznaczono go mniej niż $0,30 \mu\text{g/kg}$ mięsa. Podobnie benzo(a)piren oznaczono jedynie w rybach producenta C ($0,70 \mu\text{g/kg}$ mięsa). W żadnej z analizowanych prób nie wykryto benzo(g,h,i)peryleny (tab. 3).

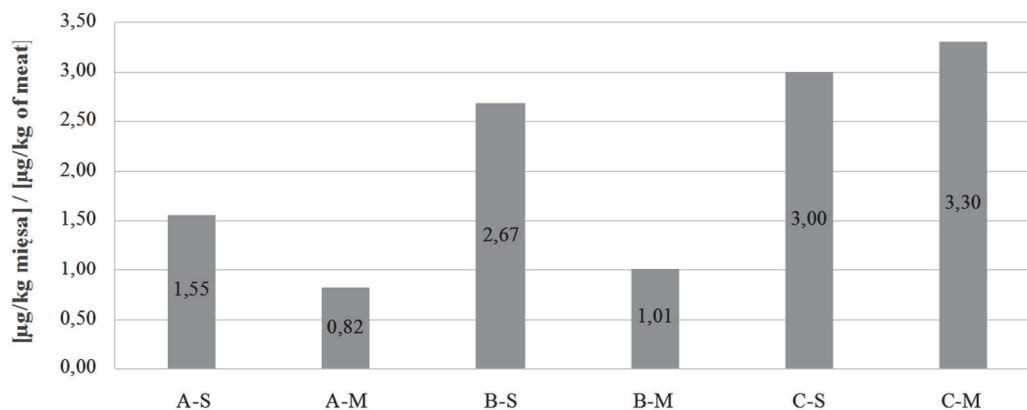
Tabela 3. Zawartość wybranych WWA w rybach przechowywanych zamrażalniczo, następnie rozmrożonych i tradycyjnie wędzonych, pochodzących od trzech producentów (A, B, C) [$\mu\text{g/kg}$ mięsa].

Table 3. Content of selected PAHs in frozen-stored fish that were, next, defrozen and traditionally smoked; fish were derived from three producers (A, B, C) [$\mu\text{g/kg}$ of meat].

WWA PAHs	Producent / Producer		
	A	B	C
Fluoranten / Fluoranthene	$8,29^a \pm 0,28$	$11,56^b \pm 0,44$	$13,97^b \pm 4,19$
Piren / Pyrene	$8,15^a \pm 0,39$	$10,18^b \pm 0,81$	$13,19^b \pm 3,80$
Benzo(a)antracen / Benzo(a)anthracene*	pgo	pgo	$0,60 \pm 0,24$
Chryzen / Chrysene*	$0,46^a \pm 0,03$	$0,59^b \pm 0,07$	$1,20^c \pm 0,26$
Benzo(b)fluoranten / Benzo(b)fluoranthene*	$0,36^a \pm 0,02$	$0,42^{ab} \pm 0,10$	$0,80^b \pm 0,34$
Benzo(k)fluoranten / Benzo(k)fluoranthene	pgo	pgo	$0,40 \pm 0,08$
Benzo(a)piren / Benzo(a)pyrene*	pgo	pgo	$0,70 \pm 0,30$
Benzo(g,h,i)perylen / Benzo(g,h,i)perylene	pgo	pgo	pgo

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

Porównując zawartość benzo(a)pirenu oraz ΣWWA4 z najwyższymi dopuszczalnymi poziomami tych związków, określonymi w rozporządzeniu Komisji (UE) 853/2011 [10], stwierdzono, że nawet zaostrenie norm (w przypadku benzo(a)pirenu z $5,0$ do $2,0 \mu\text{g/kg}$ mięsa, a ΣWWA4 – z $30,0$ do $12,0 \mu\text{g/kg}$ mięsa) nie spowodowało ich przekroczenia w mięsie pstrągów tęczowych wędzonych z surowca świeżego i po rozmrożeniu w tradycyjnej komorze wędzarniczej (rys. 1), gdyż zawartość benzo(a)pirenu wynosiła od $< 0,30$ do $0,70 \mu\text{g/kg}$ mięsa (tab. 2 i 3), a ΣWWA4



ΣWWA4 (benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(a)piren) /
ΣPAH4 (benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(a)pyrene)

Rys. 2. Zawartość ΣWWA4 w rybach świeżych, tradycyjnie wędzonych (A-S, B-S, C-S) oraz w rybach przechowywanych zamrażalniczo, następnie rozmrożonych i tradycyjnie wędzonych (A-M, B-M, C-M), pochodzących od trzech producentów (A, B, C).

Fig. 2. Content of ΣPAH4 in traditionally smoked fresh fish (A-S, B-S, C-S) and in smoked frozen-stored fish (A-M, B-M, C-M) that were, next, defrozen and traditionally smoked; fish were derived from three producers (A, B, C).

Tabela 4. Zawartość wybranych WWA w rynkowych pstrągach tęczowych wędzonych różnymi metodami [µg/kg mięsa].

Table 4. Content of selected PAHs in market rainbow trout smoked using different methods [µg/kg of meat].

WWA PAHs	Wędzenie tradycyjne Traditional smoking	Zewnętrzna wytwornica dymu External smoke generator	Preparat dymu wędzarniczego Liquid smoke
Fluoranten / Fluoranthene	17,78 ^b ± 0,52	8,12 ^a ± 1,56	Pgo
Piren / Pyrene	17,93 ^b ± 0,23	8,90 ^a ± 1,84	Pgo
Benzo(a)antracen / Benzo(a)anthracene*	1,03 ± 0,28	pgo	Pgo
Chryzen / Chrysene*	1,04 ^b ± 0,14	0,34 ^a ± 0,01	pgo
Benzo(b)fluoranten / Benzo(b)fluoranthene*	1,29 ^b ± 0,39	0,41 ^a ± 0,12	Pgo
Benzo(k)fluoranten / Benzo(k)fluoranthene	0,43 ± 0,12	pgo	Pgo
Benzo(a)piren / Benzo(a)pyrene*	1,03 ^b ± 0,33	0,36 ^a ± 0,04	Pgo
Benzo(g,h,i)perylen / Benzo(g,h,i)perylene	0,44 ± 0,14	pgo	Pgo

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

(benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu) kształtowała się od 0,82 do 3,30 $\mu\text{g/kg}$ mięsa (rys. 2).

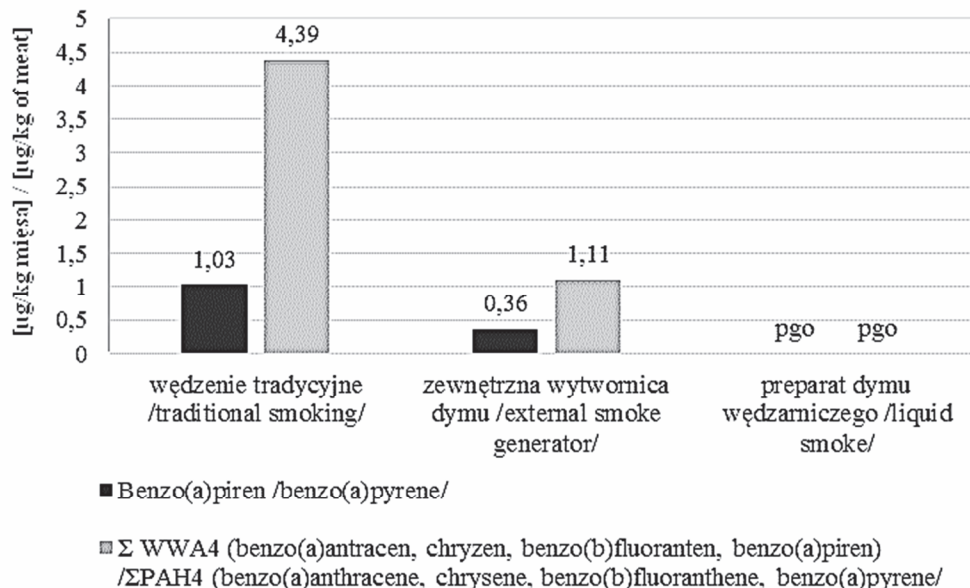
W tab. 4. przedstawiono wyniki zawartości ośmiu WWA w rybach wędzonych różnymi metodami (preparat dymu wędzarniczego, zewnętrzna wytwornica dymu oraz tradycyjnie), pochodzących z handlu od trzech wybranych przetwórców.

Pierwsze trzy ryby pochodziły od producenta, który deklarował wędzenie z wykorzystaniem zewnętrznej wytwornicy dymu, kolejne trzy pozyskano od producenta deklarującego wędzenie tradycyjne, ostatnie trzy ryby zostały wyprodukowane przy użyciu preparatu dymu wędzarniczego. W przypadku ryb uzyskanych przy użyciu preparatu dymu wędzarniczego nie stwierdzono zawartości żadnego z wybranych WWA w ilości większej niż wynosi granica oznaczalności metody. Analiza ryb wędzonych przy zastosowaniu zewnętrznej wytwornicy dymu wykazała: fluoranten – 8,12 $\mu\text{g/kg}$ mięsa, piren – 8,90 $\mu\text{g/kg}$ mięsa, chryzen – 0,34 $\mu\text{g/kg}$ mięsa, benzo(b)fluoranten – 0,41 $\mu\text{g/kg}$ mięsa oraz bezno(a)piren – 0,36 $\mu\text{g/kg}$ mięsa (tab. 4). Największą zawartość wybranych WWA oznaczono w próbkach ryb wędzonych tradycyjnie. We wszystkich badanych próbkach fluoranten i piren dominowały pod względem zawartości w porównaniu z pozostałymi WWA.

Analiza zawartości benzo(a)pirenu oraz ΣWWA4 (benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu) pod względem spełnienia wymagań rozporządzenia Komisji (UE) 853/2011 [10] wykazała, że w rynkowych rybach poddanych procesowi wędzenia tradycyjnego stwierdzono najwyższe poziomy benzo(a)pirenu – 1,03 $\mu\text{g/kg}$ mięsa i ΣWWA4 – 4,39 $\mu\text{g/kg}$ mięsa. Trzykrotnie niższy poziom benzo(a)pirenu oraz czterokrotnie niższy poziom ΣWWA4 oznaczono w rynkowych rybach wędzonych przy użyciu zewnętrznej wytwornicy dymu. W przypadku mięsa ryb poddanych działaniu preparatu dymu wędzarniczego zawartość bezno(a)pirenu oraz ΣWWA4 były poniżej wartości stanowiącej granicę oznaczalności metody (rys. 3). Karl i Leinemann [5] wykazali, że zawartości B(a)P w rybach wędzonych tradycyjnie i przy użyciu zewnętrznej wytwornicy dymu kształtowały się odpowiednio: od 0,5 do 2,4 $\mu\text{g/kg}$ mięsa oraz od pgo do 2,0 $\mu\text{g/kg}$ mięsa.

Porównując badania własne zawartości WWA w mięsie pstrąga tęczowego z opracowaniami innych autorów, na szczególną uwagę zasługują badania szwedzkie z uwagi na ten sam gatunek ryby (*Oncorhynchus mykiss*) i jej elementy poddane analizie (mięso bez skóry i ości), zastosowaną metodę wędzenia oraz użyte drewno (olchove). Wretling i wsp. [16] przeprowadzili w latach 2006 - 2007 badania szwedzkich wędzonych ryb i mięsa w ramach oficjalnego monitoringu. W pstrągu tęczowym wędzonym tradycyjnie w jednym zakładzie przetwórczym oznaczyli benzo(a)piren w ilości 0,90 oraz 0,60 $\mu\text{g/kg}$ mięsa (w niniejszej pracy 0,70 - 0,40 $\mu\text{g/kg}$ mięsa), natomiast ΣWWA4 w tych samych próbkach wyniosła 3,90 i 3,20 $\mu\text{g/kg}$ mięsa (w niniejszej pracy 3,30 - 0,82 $\mu\text{g/kg}$ mięsa). W tych samych badaniach w próbkach pstrąga

tęczowego wędzonego przy użyciu zewnętrznej wytwornicy dymu stwierdzono występowanie benzo(a)pirenu w ilości $< 0,30 \mu\text{g/kg}$ mięsa. Zbliżoną zawartość B(a)P uzyskano w niniejszych badaniach.



pgo – poniżej granicy oznaczalności / below limit of quantification

Rys. 3. Zawartość benzo(a)pirenu oraz Σ WWA4 w rybach wędzonych różnymi metodami, pochodzących z różnych zakładów przetwórczych.

Fig. 3. Contents of benzo(a)pyrene and Σ PAH4 in rainbow trout fish smoked using different methods and derived from different processing plants.

Wyniki badań własnych były także zbliżone do otrzymanych w Estonii w latach 2003 - 2004. W mięsie pstrąga wędzonego na gorąco średnie zawartości wybranych WWA kształtowały się następująco: benzo(a)piren – $0,5 \mu\text{g/kg}$ mięsa, benzo(a)antracen – $1,6 \mu\text{g/kg}$ mięsa, benzo(b)fluoranten + benzo(k)fluoranten – $0,5 \mu\text{g/kg}$ mięsa, indeno(1,2,3-cd)piren – $0,4 \mu\text{g/kg}$ mięsa [17]. Visciano i wsp. [15] oznaczyli w pochodzących z włoskich hodowli ryb wędzonych tradycyjnie zawartość WWA (zarówno z różnych wędzarni tradycyjnych, jak i od różnych producentów oraz różnego rodzaju surowca użytego do wędzenia przez tę samą wędzarnię). Porównując te wyniki z otrzymanymi w niniejszej pracy można stwierdzić, że proces tradycyjnego wędzenia, ze względu na swój niecałkowicie kontrolowany charakter (temperatura, ilość i przepływ dymu, czas wędzenia itp.), powoduje nieregularne zanieczyszczenie mięsa w niektóre z oznaczanych WWA, lecz nie bez wpływu pozostaje początkowa zawartość WWA w surowcu. W filetach wędzonych przy użyciu 5 g płynnego prepara-

tu dymu wędzarniczego na 1 kg ryby (dopuszczonego do użytku wewnątrz Unii Europejskiej: Smokez C-6 maple & H-6 hichory, firmy Red Arrow International LLC, Manitowoc, WI, USA), w komorze o sterowanym dostępie powietrza i kontrolowanej temperaturze, wymienieni autorzy oznaczyli zawartości WWA, które były wielokrotnie większe od oznaczonych w próbce wędzonej przy użyciu preparatu dymu wędzarniczego w niniejszej pracy. Ci sami autorzy przeprowadzili również badania zawartości WWA w rybach wędzonych tradycyjnie w temp. 25 °C przez 3 h w piecu, w którym palenisko znajdowało się bezpośrednio pod wiszącymi rybami. Wędzono całe wypatroszone ryby, do badań została natomiast pobrana jedynie tkanka mięśniowa bez ości i skóry. W całych rybach wędzonych tradycyjnie, filetowanych po uwędzeniu, oznaczono następujące zawartości wybranych WWA [$\mu\text{g/kg}$ mięsa]: antracen – 11,30, fluoranten – 5,64, piren – 18,74, benzo(a)antracen – 1,75, chryzen – 0,61, benzo(b)fluoranten – 4,68, benzo(k)fluoranten – 2,65, benzo(g,h,i)perylen – 5,62 [15]. Dane przedstawione przez Jira [4] również potwierdzają, że w produktach pochodzących z nowoczesnych wędzarni fluoranten stanowi większy udział w sumie WWA, a suma WWA jest mniejsza niż w procesie wędzenia tradycyjnego.

W USA przeprowadzono badania na pstrągach pochodzących z Wielkich Jezior Północnoamerykańskich: Michigan – ryby chude oraz Superior – ryby tłuste. Ryby surowe z jeziora Michigan zawierały niewiele więcej wybranych WWA od otrzymanych w niniejszej pracy. Ryby wędzone na gorąco (temp. wewnętrzna 82 °C przez 30 min) z tego samego jeziora zawierały więcej, od oznaczonych w tej pracy, następujących WWA [$\mu\text{g/kg}$ mięsa]: pirenu – 82,4, benzo(a)antracenu – 9,66 i benzo(a)pirenu – 5,12, zbliżone ilości fluorantenu – 26,84 i chryzenu – 2,93 oraz mniejszą zawartość benzo(b)fluorantenu – 0,08. W przypadku tłustych surowych pstrągów z jeziora Superior oznaczono następujące średnie zawartości WWA [$\mu\text{g/kg}$ mięsa]: fluoranten – 0,13, piren – 2,91, benzo(a)antracen – 1,54, chryzen – 0,28. Pstrągi wędzone, pochodzące z tego samego jeziora, zawierały o wiele więcej [$\mu\text{g/kg}$ mięsa]: pirenu – 175,43, fluorantenu – 38,68, benzo(a)antracenu – 15,63, benzo(a)pirenu – 8,43 niż ryby objęte badaniem w niniejszej pracy. Jedynie zawartość chryzenu (1,46 $\mu\text{g/kg}$ mięsa) była zbliżona [18].

Podsumowując można stwierdzić, że w badaniach własnych, zarówno w mięsie ryb wędzonych tradycyjnie ze znanego rodzaju surowca, jak również w rynkowych rybach wędzonych różnymi metodami, pochodzącymi od różnych przetwórców, zawartość benzo(a)pirenu oraz ΣWWA4 nie przekroczyła odpowiednio: 5,0 $\mu\text{g/kg}$ mięsa i 30,0 $\mu\text{g/kg}$ mięsa (normy obowiązujące do 1.09.2014 r.). Obowiązujące od 1 września 2014 r. nowe zaostrzone normy zawartości benzo(a)pirenu oraz ΣWWA4 w wędzonych rybach (odpowiednio: 2,0 $\mu\text{g/kg}$ oraz 12,0 $\mu\text{g/kg}$ produktu) [10] nie były przekroczone w żadnej z analizowanych próbek.

Na podstawie określonych różnic zawartości oznaczanych związków w mięsie ryb, nawet w tych wędzonych jednocześnie na tym samym wózku, można stwierdzić,

że wędzenie tradycyjne ze względu na niecałkowicie kontrolowalny charakter może powodować nieregularne wprowadzanie WWA do mięsa ryb wędzonych tą metodą. Wahania te mogą wynikać z szeregu czynników, m.in. z warunków zewnętrznych, jak np. wiatr, ciśnienie atmosferyczne czy ze specyfiki drewna użytego do wędzenia (gatunek, twardość, wysuszenie), dostępu powietrza, a nawet rozmieszczenia ryb na wózku. Jednak na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że rodzaj użytego surowca (świeże, po zamrażalniczym przechowywaniu – rozmrożone) wydaje się nie wpływać na zawartość wybranych WWA.

Wnioski

1. W mięsie pstrągów tęczowych ze znanego rodzaju surowca, wędzonych tradycyjnie, jak również w rynkowych rybach wędzonych różnymi metodami, pochodzącymi od różnych przetwórców, zawartość bezno(a)pirenu oraz Σ WWA4 nie przekroczyła poziomów wymaganych w rozporządzeniu europejskim.
2. Mięso pstrągów tęczowych dostępnych na rynku lokalnym zawierało więcej wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w rybach wędzonych tradycyjnie niż w rybach wędzonych współczesnymi metodami.
3. Zawartość wybranych WWA w mięsie pstrągów tęczowych z akwakultury, dostępnych na rynku lokalnym, niezależnie od metody wędzenia, nie stanowi zagrożenia dla zdrowia konsumentów i nie zmniejsza żywieniowej wartości tych ryb.

Literatura

- [1] Arens U.: Fish and heart disease. *Coronary Health Care*, 1997, **1**, 79-82.
- [2] Barrado E., Jimenez F., Prieto F., Nuevo C.: The use of fatty-acid profiles of the lipids of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to differentiate tissue and dietary feed. *Food Chem.*, 2003, **81**, 13-20.
- [3] Ciemniak A., Protasowicki M.: WWA w mięsnych i drobiowych artykułach spożywczych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2002, **35**, 3-4.
- [4] Jira W.: A GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in smoked meat products and liquid smokes. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, **218**, 208-212.
- [5] Karl H., Leinemann M.: Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fishery products from different smoking kilns. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 1996, **202**, 459-464.
- [6] Kołakowska A., Kołakowski E.: Szczególne właściwości żywieniowe ryb. *Przem. Spoż.*, 2001, **6**, 10-13.
- [7] Kołakowska A., Olley J., Dunstan G.A.: Fish lipids. In: *Chemical and functional properties of food lipids*. Ed. Z. E. Sikorski, A. Kołakowska. Boca Raton, CRC Press, 2002, p. 224.
- [8] Kubiak M.S., Polak M., Siekierko U.: Zawartość B(a)P w rynkowych przetworach mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **3 (76)**, 120-129.
- [9] Raport numeru: Liderzy w wędzeniu pstrąga i łososia. *Mag. Przem. Ryb.*, 2009, **72**, 6.
- [10] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 835/2011 z dnia 19 sierpnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 odnośnie do najwyższych dopuszczalnych poziomów wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w środkach spożywczych. *Dz. Urz. UE L 215/4* z dn. 20.08.2011.

- [11] Sikorski Z.E.: Ryby i bezkręgowce morskie pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie. WNT, Warszawa 2004, s. 254.
- [12] Stołyhwo A., Sikorski Z.E.: Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – a critical review. Food Chem., 2005, **91**, 303-311.
- [13] Tkacz K., Więk A., Kubiak M.S.: Influence of marinades on the level PAHs in grilled meat products. Italian J. Food Sci., 2012, **24**, 270-278.
- [14] Usydus Z., Szlinder-Richert J., Polak-Juszczak L., Komar K., Adameczyk M., Malesa-Ciecwierz M., Ruczynska W.: Fish products available in Polish market – Assessment of the nutritive value and human exposure to dioxins and other contaminants. Chemosphere, 2009, **74**, 1420-1428.
- [15] Visciano P., Perugini M., Monte F., Morena M.: Polycyclic aromatic hydrocarbons in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by traditional flue gas smoking and by liquid smoke flavourings. Food Chem. Toxicol., 2008, **46**, 1409-1413.
- [16] Wretling S., Eriksson A., Ekshult G.A., Larsson B.: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish. J. Food Compos. Anal., 2010, **23**, 264-272.
- [17] Yurchenko S., Molder U.: The determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish by gas chromatography mass spectrometry with positive-ion chemical ionization. J. Food Compos. Anal., 2005, **18**, 857-869.
- [18] Zabik M.E., Booren A.I., Zabik M.J., Welch R., Humphrey H.: Pesticides residues, PCBs and PAHs in baked, charboiled, salt boiled and smoke d Great Lakes lake trout. Food Chem., 1995, **55**, 231-239.

POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHS) IN SMOKED RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

S u m m a r y

The objective of the study was to compare the content of eight selected polycyclic aromatic hydrocarbons in the meat of traditionally (directly) smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from a fresh and a frozen fish, with the content of the same in the market trout fish smoked using different methods (in a smokehouse with an external smoke generator, traditional smoking, and smoking using liquid smoke). PAHs were determined with the use of a high performance liquid chromatography with a fluorescence detector (HPLC-FLD). The PAHs values determined in the meat of fish smoked using different methods did not exceed the maximum permissible concentration levels of PAHs in any meat sample analyzed, and the average content of benzo(a)pyrene was between < 0.30 and $1.03 \mu\text{g/kg}$ of meat, whereas ΣPAH4 (benzo(a)pyrene + chrysene + benzo(a)anthracene + benzo(b)fluoranthene) did not exceed $5.00 \mu\text{g/kg}$ of meat. The analysis of the rainbow trout available in the local market showed a higher content of the selected PAHs in the traditionally smoked fish than in the fish smoked using current methods. The average content of benzo(a)pyrene in the meat of traditionally smoked rainbow trout from fresh fish ranged from $< 0.30 \mu\text{g/kg}$ to $0.57 \mu\text{g/kg}$ of meat, in the smoked fish from defrosted fish, it ranged from $< 0.30 \mu\text{g/kg}$ to $0.70 \mu\text{g/kg}$ of meat, whereas the highest content of benzo(a)pyrene was determined in the fish that was bought in processing plants and was declared to be traditionally smoked: $1.03 \mu\text{g/kg}$ of meat. Based on the research performed, it was confirmed that, regardless of the production method applied, the content of PAHs in the meat of smoked rainbow trout does not involve health risk to consumers; it does not reduce dietary values of that fish either.

Key words: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), smoking with the use of different methods, selected PAHs, maximum permissible levels of PAHs ☒

TADEUSZ TRZISZKA, EWA ŁUKASZEWICZ, ŁUKASZ BOBAK,
ARTUR KOWALCZYK, MAREK ADAMSKI, ZBIGNIEW DOBRZAŃSKI

WPLYW WZBOGACENIA PASZY ALGAMI MORSKIMI I SIEMIENIEM LNIANYM NA SKŁAD MORFOLOGICZNY I CECHY FIZYKOCHEMICZNE JAJ PRZEPIÓREK JAPONSKICH

Streszczenie

Badano wpływ zastosowania alg morskich i siemienia lnianego, jako źródła kwasów tłuszczowych, w żywieniu nieśnych przepiórek japońskich (*Coturnix coturnix japonica*), w aspekcie poprawy cech fizycznych jaj oraz zawartości cholesterolu i profilu kwasów tłuszczowych w żółtkach. Od 6. tygodnia życia ptaki z grupy kontrolnej (240 samic podzielonych na 6 powtórzeń) otrzymywały *ad libitum* standardową mieszankę typu G-090 (Granum Animals Nutrition, Polska). Grupa doświadczalna (w takim samym układzie) otrzymywała tę samą paszę, lecz wzbogaconą w algi morskie (DHA Gold, Novus, Polska) i siemię lniane, w ilości odpowiednio: 5 i 40 g oraz 0,3 g drożdży selenowych (jako antyutleniacz) na 1 kg mieszanki. Jaja pobierano do badań w 9. (I okres), 13. (II okres) i 17. (III okres) tygodniu nieśności, czyli w 16., 20. i 24. tyg. życia. W trzech okresach nieśności oceniano parametry fizyczne każdej grupy jaj (masa jaja, żółtka, skorupy i białka, barwa żółtka, wytrzymałość i grubość skorupy) i profil kwasów tłuszczowych, które oznaczano przy użyciu chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym (GC/MS). Analizę cholesterolu wykonano z użyciem chromatografu cieczowego HP (firmy Agilent Technologies).

Wzbogacenie diety przepiórek japońskich w siemię lniane i algi morskie nie miało wpływu na skład morfologiczny i fizyczne parametry jaja (masę jaja, udział białka, żółtka i skorupy, grubość i wytrzymałość skorupy), spowodowało natomiast istotne obniżenie kwasowości czynnej (pH) białka i żółtka. Ponadto zastosowane dodatki paszowe wpłynęły na istotne zmniejszenie zawartości cholesterolu w żółtku, dwukrotne zwiększenie w nich zawartości kwasu DHA oraz 3 - 4 krotne obniżenie stosunku $n-6/n-3$, co jest bardzo istotne z uwagi na wartość odżywczą i technologiczną jaj.

Prof. dr hab. T. Trziszka, dr inż. Ł. Bobak, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności, ul. Chelmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław, prof. dr hab. E. Łukasiewicz, dr hab. inż. A. Kowalczyk, Instytut Hodowli Zwierząt, prof. dr hab. Z. Dobrzański, Katedra Higieny Środowiska i Dobrostanu Zwierząt, Wydz. Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, dr hab. inż. M. Adamski, Katedra Hodowli Drobiu, Wydz. Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich, ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz. Kontakt: Tadeusz.Trziszka@up.wroc.pl

Słowa kluczowe: przepiórka japońska, algi, siemię lniane, parametry fizyczne jaj, kwasy tłuszczowe, cholesterol

Wprowadzenie

Chów przepiórek nieśnych jest popularny w Chinach, Japonii, Brazylii, a także w niektórych krajach europejskich – we Francji, w Polsce i w Serbii [10, 21, 24, 25]. Ptaki te cechują się wczesnym dojrzewaniem (nieśność rozpoczynają w 6. tygodniu życia), a w okresie 10 - 12 miesięcy mogą znieść do 300 jaj, o średniej masie 10 - 12 g. Jaja przepiórcze są bardzo cenne pod względem odżywczym. Składem chemicznym różnią się znacznie od jaj kurzych. Zawierają więcej aminokwasów (w tym egzogennych) i mniej tłuszczu. Są też bogatym źródłem żelaza, miedzi, przyswajalnego fosforu, karotenu i witamin z grupy B [9, 12, 16, 35]. Poprzez zabiegi żywieniowe można wzbogacać skład jaj np. w kwasy wielonienasycone lub antyoksydanty [2, 30], a także wykorzystywać masę jajową do pozyskiwania bioaktywnych substancji i preparatów medycznych [5, 13, 14]. Prowadzone są również prace nad wykorzystaniem metod hodowlanych do poprawy cech użytkowych przepiórek, a szczególnie zmiany profilu lipidowego jaj [21, 22]. Przepiórka japońska jest ponadto bardzo dobrym modelem zwierzęcym w badaniach biotechnologicznych, zootechnicznych i biomedycznych.

W żywieniu drobiu nieśnego stosuje się różne pasze i dodatki paszowe celem zmiany właściwości fizykochemicznych i funkcjonalnych produkowanych jaj. Źródłem energii i białka jest najczęściej ziarno kukurydzy, śruta sojowa, pszenica, olej rzepakowy. Składniki te uzupełnia się związkami mineralnymi, witaminowymi, aminokwasami, probiotykami. Ostatnio prowadzi się wiele badań nad wprowadzeniem w żywieniu drobiu nieśnego siemienia, oleju lnianego i rybnego oraz alg i glonów morskich, celem wzbogacenia żółtka w kwasy wielonienasycone, zwłaszcza z grupy *n-3* [1, 8, 19, 23].

Nieliczne doniesienia wskazują na celowe i korzystne dla jakości jaj, stosowanie w diecie tych ptaków specjalnych dodatków paszowych, jak: nasiona niektórych roślin, zioła, olej lniany i rybny oraz drożdże [1, 2, 17, 32, 36]. Brak jest natomiast prac dotyczących wpływu alg i siemienia lnianego na właściwości fizyczne i skład chemiczny jaj przepiórczych. Wiadomo, że siemię lniane jest bogatym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, zawiera nawet 50,9 % kwasu linolenowego [19].

Celem badań była ocena wpływu zastosowania alg morskich i siemienia lnianego, jako źródła kwasów tłuszczowych, w żywieniu stad towarowych przepiórek japońskich, na poprawę cech fizycznych jaj oraz zawartość cholesterolu i kwasów tłuszczowych w żółtku, ze szczególnym uwzględnieniem kwasów tłuszczowych z grupy *n-3*.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiło 480 dojrzałych płciowo samic przepiórki japońskiej (*Coturnix coturnix japonica*) z rodu J-11, podzielonych losowo na dwie grupy: kontrolną (K) – żywioną mieszanką standardową oraz doświadczalną (D) – żywioną tą samą mieszanką, ale wzbogaconą w algi morskie, siemię lniane i drożdże selenowe. Przepiórki utrzymywano w bateriach po 40 ptaków w klatce (o powierzchni 1 m²), a każdą grupę stanowiło 6 klatek (powtórzeń), rozmieszczonych w różnych częściach baterii. Ptaki były żywione w grupach K i D do woli (*ad libitum*), przez cały okres doświadczenia, od rozpoczęcia nieśności, tj. od 6. do 24. tygodnia życia. Ptaki utrzymywano w kontrolowanych warunkach środowiskowych, zgodnie z wymogami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [29]. W chwili rozpoczęcia nieśności liczba godzin światła na dobę wynosiła 15 i zwiększano ją co dwa tygodnie o 0,5 h aż do 17 h w 20. tygodniu życia. Temperatura powietrza wynosiła 20 - 24 °C, a wilgotność 66 - 75 %.

Paszę podstawową stanowiła mieszanka typu G-090 (Granum Animals Nutrition, Błaszki, Polska) – typowa dla przepiórek nieśnych, w skład której wchodzi: poekstrakcyjna śruta sojowa, pszenica, kukurydza, otręby pszenne, oleje roślinne, węglan wapnia, fosforan jednowapniowy, sól pastewna, premix (makro- i mikroelementy, witaminy, aminokwasy, związki biologicznie czynne). Wartość energetyczna mieszanki G-090 wynosiła 11,7 MJ EM/kg, a zawartość białka ogólnego – 22,0 %. W grupie D przepiórki otrzymywały dodatek w przeliczeniu na 1 kg paszy: 5 g sproszkowanych alg morskich (DHA Gold[®]), 40 g siemienia lnianego (śruta) oraz 0,3 g drożdży selenowych typu Cerosel (jako antyutleniacz). Według danych producenta (Novus, Polska) algi zawierają średnio 55,6 % tłuszczu surowego i 16,7 % białka ogólnego. W profilu kwasów tłuszczowych dominuje kwas DHA (42,3 %), mniej jest kwasu DPA (17,7 %). Siemię lniane (śruta) zawiera 45,0 % tłuszczu i 23,6 % białka. Drożdże selenowe (FZN-P Biochefa, Sosnowiec) zawierają 500 ppm Se oraz 42,6 % białka ogólnego. Zastosowane ilości dodatków wynikały z obliczeń własnych autorów oraz danych literatury z zakresu paszoznawstwa i żywienia przepiórek [2, 8, 15, 32, 33, 36]. Dodatki te w grupie D tylko nieznacznie zwiększyły zawartość białka i tłuszczu surowego. Według analiz laboratoryjnych przeprowadzonych zgodnie z obowiązującymi procedurami [3], w mieszance kontrolnej i doświadczalnej oznaczono odpowiednio: 90,95 i 90,41 % suchej masy, 12,6 i 11,6 % popiołu surowego, 23,5 i 24,4 % białka surowego, 4,0 i 6,0 % tłuszczu surowego oraz 6,0 i 6,5 % włókna surowego.

Jaja do badań, każdorazowo po 30 szt. z grupy K i D, pobierano w 9. (I okres), 13. (II okres) i 17. (III okres) tygodniu nieśności, czyli w 16., 20. i 24. tygodniu życia ptaków. Przed badaniami przechowywano je w chłodni do jednego tygodnia w temp. $3,45 \pm 0,21^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $67,29 \pm 6,48$ %. Z każdego okresu nieśności i grupy do badań morfologicznych i fizycznych przekazywano po 30 jaj. Do

analiz zawartości cholesterolu jedną próbę stanowiły żółtka z 10 jaj, natomiast do analiz zawartości kwasów tłuszczowych w żółtkach wykorzystano wszystkie żółtka, po dokładnym ich zmieszaniu pobierano 3 uśrednione próbki materiału.

Oznaczenia masy całego jaja, żółtka i skorupy wykonywano za pomocą wagi laboratoryjnej Ohaus nr CT600-S. Masę białka obliczano z różnicy masy jaja, żółtka i skorupy. Grubość skorupy [mm] mierzono w dwóch punktach równikowej części jaja, z dokładnością do 1 μm , przy użyciu śruby mikrometrycznej Wilson Wolpert-IP94. Wytrzymałość skorupy [N] oznaczano z wykorzystaniem urządzenia ZWICK/Roell Z 010. Barwę żółtka określano za pomocą wachlarza barw La Roche'a, w skali 1 - 15.

Profil kwasów tłuszczowych oznaczano w tłuszczu żółtka. Ekstrakcję tłuszczu z 2 g żółtka jaja prowadzono według zmodyfikowanej metody Folcha i wsp. [11], stosując roztwór chloroformu i metanolu w stosunku 2 : 1 (v:v). Odważano 50 mg tłuszczu i dodawano 4 ml 0,5 M roztworu NaOH w metanolu. Całość ogrzewano przez 2 min pod chłodnicą zwrotną w temperaturze wrzenia, a następnie dodawano 5 ml 14-procentowego roztworu BF_3 w metanolu i ponownie ogrzewano przez 2 min w temperaturze wrzenia. Po procesie ogrzewania dodawano 2 - 3 ml heksanu oraz 1 ml nasyconego roztworu NaCl. Fazę organiczną po osuszeniu bezwodnym siarczanem magnezu poddawano analizie przy użyciu chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym (GC/MS), wykorzystując aparat GC6890/5973 MSD (Agilent Technologies, Inc. CA, USA). Zastosowano kolumnę HP88 Agilent J&W (długość – 100 m, średnica – 0,25 mm, grubość filmu fazy stacjonarnej – 0,20 μm). Gazem nośnym był hel o czystości 6,0 (Air Product; Siewierz; Polska), którego przepływ ustalono na 1 ml/min, nastrzyk próby realizowano z podziałem (split 4 : 1), według programu: temp. początkowa 60°C utrzymywana przez 2 min, ogrzewanie 20°C/min do 180°C, następnie 3°C/min do 220°C, z przetrzymaniem przez 15 min i ostateczne ogrzewanie z prędkością 5°C/min do 250°C i przetrzymaniem przez 8 min. Sumaryczny czas analizy wynosił 50,33 min.

Do oznaczenia cholesterolu naważano 2,5 g żółtka do kolby stożkowej. Następnie dodawano mieszaninę rozpuszczalników (25 ml chloroformu, 20 ml izopropanolu i 20 ml heksanu) i całość wytrząsano przez 15 h. Zawartość kolby przesączało, używając lejka Büchnera i uzyskany klarowny filtrat odparowywano w warunkach zredukowanego ciśnienia, w temp. 30 °C. Pozyskany osad w ilości 100 mg poddawano saponifikacji 12-procentowym etanolem roztworem KOH (1 : 100 m/v) w temp. 80 °C przez 15 min. Do schłodzonego roztworu dodawano 5 ml wody destylowanej i ekstrahowano dwukrotnie 10-mililitrowymi porcjami heksanu. Połączone ekstrakty odparowywano w strumieniu gazu obojętnego, a osad rozpuszczano w fazie ruchomej. Analizę cholesterolu wykonywano z zastosowaniem chromatografu cieczowego HP serii 1200 firmy Agilent Technologies, wyposażonego w detektor diodowy DAD (Diode

Array Detector G1315B DAD). Warunki rozdziału chromatograficznego: kolumna Zorbax ODS o wymiarach 25 cm długości, 4,6 mm średnicy i 5 μm średnicy ziarna. Elucja izokrytyczna: faza A – acetonitryl, faza B – alkohol izopropylowy w proporcjach 7 : 3. Kolumnę termostatowano w temp. 35 °C, detekcję prowadzono przy długości fali $\lambda = 210 \text{ nm}$ bez fali odniesienia, przy częstotliwości zbierania danych 1,25 Hz.

Oznaczenia parametrów fizycznych jaj przeprowadzano w laboratorium Zakładu Hodowli Drobiu Instytutu Hodowli Zwierząt, zaś kwasów tłuszczowych i cholesterolu – w laboratorium Katedry Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Wyniki badań opracowano statystycznie. Obliczano wartości średnie i odchylenia standardowe oraz weryfikowano istotność różnic między grupami testem post hoc Duncana, przyjmując poziom istotności $p = 0,05$. Obliczenia wykonywano przy użyciu programu Statgraphics ver. 7.

Wyniki badań i dyskusja

Stado przepiórek japońskich było wyrównane, charakteryzowało się typową, wysoką nieśnością, szczególnie w pierwszej fazie produkcji, podobnym zużyciem paszy i dobrą zdrowotnością w grupach kontrolnych i doświadczalnych. Wyniki pomiarów składu morfologicznego jaj przedstawiono w tab. 1. Średnie masy jaj pochodzących z grupy kontrolnej i doświadczalnej nie różniły się statystycznie istotnie ($p = 0,05$). W poszczególnych okresach nieśności (I - III) były one podobne ($12,6 \div 12,8 \text{ g}$). Także masa białka, żółtka i skorupy były podobne w poszczególnych grupach i okresach nieśności. Udział tych części jaja wahał się w granicach odpowiednio [%]: $52,6 \div 56,2$, $31,5 \div 35,4$ i $11,6 \div 12,4$, a istniejące różnice były statystycznie nieistotne ($p = 0,05$). W literaturze publikowane są podobne dane [9, 26], chociaż wiadomo, że genotyp niosek, okres nieśności i skład paszy mają wpływ na wskaźniki produkcyjne stada. Al Darajj i wsp. [2], stosując w paszy dla przepiórek japońskich siemię lniane (dodatek max 6 %), uzyskali istotny wzrost masy jaja, w tym udziału białka (59,02 % vs. 54,7% w grupie kontrolnej). Z kolei Güçlü i wsp. [15], spośród ośmiu różnych źródeł tłuszczów testowanych w żywieniu ptaków tego gatunku, stwierdzili istotny wzrost masy jaja, gdy w diecie było 4 % oleju słonecznikowego lub oleju z oliwek.

Inne parametry jaj (tab. 2), jak wytrzymałość i grubość skorupy, wyrażone jako wartości średnie, były również zbliżone w poszczególnych okresach i grupach, a istniejące różnice były nieistotne.

W literaturze podawane są podobne wartości analizowanych cech skorupy jaj przepiórczych, chociaż wiadomo, że podobnie jak w przypadku wskaźników produkcyjnych, mogą się one znacznie różnić w poszczególnych okresach nieśności [12, 26, 27]. Bez względu na okres nieśności i rodzaj skarmianej mieszanki, barwa żółtka w skali La Roche'a była niska, oscylowała w granicach 3 - 4 pkt. Wiadomo, że barwa

żółtka zależy od zawartości karotenów i witamin w diecie i może wynosić nawet 13,6 pkt [10]. Cytowani wcześniej Güçlü i wsp. [15] twierdzą, że dodatek do paszy oleju z oliwek (4 %), w porównaniu z innymi olejami roślinnymi i olejem rybnym, najskuteczniej poprawia jakość skorupy jaj przepiórek, natomiast Yalcin i wsp. [36] wykazali obniżenie parametrów jakościowych jaj przepiórczych przy nadmiernym udziale w paszy drożdży piekarskich (ponad 8 %).

Tabela 1. Skład morfologiczny jaj przepiórek [g].

Table 1. Morphological composition of quail eggs [g].

Składnik morfologiczny jaja Morphological component of egg	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
Całe jajo Whole egg	12,62 ± 0,44	12,59 ± 0,50	12,62 ± 0,33	12,75 ± 0,26	12,79 ± 0,39	12,62 ± 0,33
Żółtko Egg yolk	4,23 ± 0,30	3,98 ± 0,23	4,28 ± 0,20	4,38 ± 0,15	4,53 ± 0,28	4,23 ± 0,19
Białko Egg white	6,82 ± 0,26	7,082 ± 0,30	6,84 ± 0,31	6,88 ± 0,16	6,73 ± 0,27	6,88 ± 0,28
Skorupa Egg shell	1,57 ± 0,07	1,54 ± 0,08	1,50 ± 0,07	1,49 ± 0,06	1,54 ± 0,047	1,53 ± 0,05

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie i ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 30; I, II, III – okres nieśności; 9., 13. i 17. tydzień nieśności / I, II III – laying period: 9th, 13th, and 17th week of laying period.

Wyniki pomiarów odczynu (pH) żółtka i białka (tab. 2) wskazują, że w I i II okresie nieśności pH białka było istotnie niższe ($p = 0,05$) w grupie doświadczalnej, natomiast pH żółtka było niższe we wszystkich okresach, w porównaniu z grupą kontrolną. Trudno jednoznacznie wyjaśnić tę zależność, można jedynie przypuszczać, że zastosowane dodatki paszowe mają właściwości zakwaszające. W literaturze przedmiotu brak jest porównawczych danych. Jaja pochodzące od kur rodzimej rasy żółtonóżka kuropatwiana, przechowywane w temp. 21 °C miały odczyn białka w granicach $9,25 \div 9,77$, zaś żółtka – $6,22 \div 6,57$, w zależności od czasu przechowywania [7]. Wiadomo, że niższa kwasowość, szczególnie białka, może być korzystna ze względu na trwałość przechowalniczą jaj [31].

Tabela 2. Cechy jakościowe jaj przepiórek.

Table 2. Quality traits of quail eggs.

Cecha jaja Egg trait	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
Wytrzymałość skorupy Shell strength [N]	11,42 ± 4,35	11,52 ± 4,48	12,17 ± 3,99	10,75 ± 4,12	11,84 ± 3,50	13,01 ± 3,61
Grubość skorupy Shell thickness [mm]	0,27± 0,02	0,26 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,03
Barwa żółtka Yolk colour [1-15 pkt La'Roche]	2,99 ± 0,88	3,44 ± 1,23	4,12 ± 0,46	3,86 ± 0,65	3,35 ± 0,73	3,29 ± 1,07
pH białka pH of egg white	9,36 ^a ± 0,06	9,28 ^b ± 0,1	9,31 ^a ± 0,09	9,26 ^b ± 0,09	9,22 ± 0,07	9,20 ± 0,04
pH żółtka pH of yolk	6,57 ^a ± 0,13	6,39 ^b ± 0,12	6,56 ^a ± 0,18	6,48 ^b ± 0,09	6,45 ^a ± 0,11	6,30 ^b ± 0,10

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie w wierszach, dla badanego okresu nieśności, oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in lines, for analyzed laying period, and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$). Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Ważną cechą chemiczną dla konsumenta jest zawartość cholesterolu w żółtku jaja (tab. 3). Najmniejszą średnią zawartość cholesterolu (8,7 mg/g żółtka lub 37,14 mg/żółtko) stwierdzono w jajach pozyskanych od ptaków z grupy D w 17. tygodniu nieśności, zaś największą (11,28 mg/g żółtka lub 47,71 mg/żółtko) w grupie K, w początkowym okresie nieśności. Bez względu na okres nieśności, zawartość cholesterolu w jajach grupy doświadczalnej była istotnie mniejsza ($p = 0,05$) w porównaniu z grupą kontrolną, co wskazuje na korzystne działanie zastosowanych dodatków paszowych. Bragagnolo i Rodriguez-Amaya [6] oznaczyli podobną (ok. 12 mg) zawartość cholesterolu w 1 g żółtka w przepiórczych oraz kurzych jaj spożywczych. Agah i wsp. [1] wykazali, że w jajach kur Hy-Line zawartość tego związku wynosiła $9,6 \div 10,3$ mg/g żółtka, a zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w paszy, w tym

stosunek $n-6/n-3$, nie miała wpływu na jego koncentrację w jajach. Natomiast Yalcin i wsp. [37] stosowali w diecie przepiórek japońskich suszone drożdże piwne w ilości 4,5 % i uzyskali istotne zmniejszenie zawartości cholesterolu w żółtku jaj – z 69,9 do 64,3 mg/żółtko. Według innych autorów [4, 28] koncentracja cholesterolu w jajach kurzych jest dość stabilna, ale może zmieniać się w poszczególnych fazach nieśności, natomiast dodatek do paszy niektórych roślin (czosnku, herbaty, ziół), może jedynie w ograniczonym zakresie zmniejszyć zawartość tego sterolu.

Tabela 3. Zawartość cholesterolu w żółtku jaj przepiórek.

Table 3. Content of cholesterol in quail egg yolk.

Cholesterol Cholesterol	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
mg/g żółtka mg/g of yolk	11,28 ^a ± 0,05	10,04 ^b ± 0,03	9,99 ^a ± 0,02	9,94 ^a ± 0,02	10,54 ^a ± 0,04	8,79 ^b ± 0,01
mg/żółtko mg/yolk	47,71 ^a ± 0,21	39,92 ^b ± 0,11	42,73 ^a ± 0,08	43,54 ^a ± 0,09	47,64 ^a ± 0,16	37,14 ^b ± 0,05

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 10 (1 n = próba zbiorcza z 10 jaj / 1 n = collective sample of 10 eggs); a, b – wartości średnie w wierszach, dla danego okresu nieśności, oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in rows, for particular laying period, and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$). Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Profil kwasów tłuszczowych żółtka przedstawiono w tab. 4. Najwięcej wykazano kwasu oleinowego (C18:1) – 31,17 ÷ 43,84 %, a jego zawartość była większa w jajach z grupy kontrolnej. Zwraca uwagę korzystny, ponad dwukrotny wzrost zawartości kwasu DHA oraz 3 - 4-krotne obniżenie stosunku $n-6/n-3$ w jajach z grupy D, w porównaniu z jajami z grupy K, aczkolwiek istniejące różnice były statystycznie nieistotne ($p = 0,05$). Wynika to z dużego udziału kwasów nienasyconych w siemieniu i algach. Warto zacytować wyniki innych badań krajowych.

W badaniach, w których przepiórkom japońskim grupy doświadczalnej, w wieku 20 - 24 tygodni, podawano paszę standardową z dodatkiem 1 % oleju lnianego oraz 0,5 % oleju rybnego, uzyskano istotne różnice pod względem zawartości kwasów tłuszczowych w żółtkach, w porównaniu z grupą kontrolną żywioną samą mieszanką standardową. Wykazano znaczący wzrost zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza kwasy ALA i DHA oraz korzystne obniżenie stosunku

n-6/n-3, z 17,7 do 4,0 [17]. Z innych badań wynika, że dodatek 4 % oleju sojowego lub rybnego najskuteczniej wzbogaca żółtko jaj przepiórek w kwasy *n-3* (odpowiednio: 1,85 i 1,33 %) [15]. Tokusoglu i wsp. [34] stwierdzili zawartość kwasów *n-3* średnio na poziomie 1,16 % w żółtku surowym i 0,82 % w żółtku jaja ugotowanego na miękko. Stosunek PUFA/SFA wynosił odpowiednio: 0,58 i 0,64, a więc podobnie jak w prezentowanych badaniach własnych.

Tabela 4. Profil kwasów tłuszczowych żółtka jaj przepiórek.

Table 4. Fatty acids profile in yolk of quails eggs.

Kwasy tłuszczowe Fatty acids [%]	Okres nieśności / Laying period					
	I		II		III	
	Grupa / Group		Grupa / Group		Grupa / Group	
	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental	kontrolna control	doświadczalna experimental
C16:0	26,23	24,45	27,36	25,32	25,31	22,92
C16:1	5,17	4,01	6,72	5,44	6,70	5,58
C18:0	9,67	10,46	11,27	12,29	13,99	15,15
C18:1	43,84	37,84	37,87	33,44	35,05	31,17
C18:2	11,65	14,94	12,50	15,09	13,26	14,75
C18:3	0,46	4,61	0,48	3,87	0,86	5,22
C20:4	2,06	1,33	2,54	1,64	3,26	2,10
C22:5	0,11	0,48	0,18	0,65	0,19	0,58
C22:6	0,80	1,89	1,08	2,26	1,39	2,54
SFA	35,90	34,91	38,63	37,61	39,30	38,07
UFA	64,09	65,10	61,37	62,39	60,71	61,94
MUFA	49,01	41,85	44,59	38,88	41,75	36,75
PUFA	15,08	23,25	16,78	23,51	18,96	25,19
PUFA/SFA	0,42	0,66	0,44	0,63	0,48	0,66
<i>n-3</i>	1,37	6,98	1,74	6,78	2,44	8,34
<i>n-6</i>	13,71	16,27	15,04	16,73	16,52	16,85
<i>n-6/ n-3</i>	10,01	2,33	8,64	2,47	6,77	2,02

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 3. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Z danych literaturowych wynika, że profil kwasów tłuszczowych w jajach przepiórczych, podobnie jak kurzych czy w tłuszczu mleka, można korzystnie modyfiko-

wać sposobem żywieniowym [1, 2, 13, 18], lecz jednocześnie obniżeniu może ulec jakość sensoryczna (występowanie tzw. rybnego posmaku), co ogranicza wartość handlową takich produktów pochodzenia zwierzęcego [19, 20].

Wnioski

1. Wzbogacenie paszy przepiórek japońskich w siemię lniane i algi morskie nie miało istotnego wpływu na morfologiczne i fizyczne parametry jaja, spowodowało jedynie istotne obniżenie kwasowości czynnej (pH) białka i żółtka.
2. Zastosowane dodatki paszowe wpłynęły na istotne zmniejszenie zawartość cholesterolu w żółtku, dwukrotne zwiększenie zawartość kwasu DHA oraz 3 - 4-krotne obniżenie stosunku kwasów $n-6/n-3$ w żółtku, co jest bardzo ważne ze względu na wartość odżywczą i technologiczną jaj.

Pracę wykonano w ramach projektu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki – nr N N209 137840.

Literatura

- [1] Agah M.J., Nassiri-Moghaddam H., Tahmasbi A.M., Lotfollahian H.: Performance and fatty acid compositions of yolk lipid from laying hens fed with locally produced canola seed (*Brassica napus* L.). Res. J. Biol. Sci., 2010, **5** (2), 228-232.
- [2] Al-Darajj H.J., Razuki W.M., Al-Hayani W.K., Al-Hassani A.S.: Effect of dietary linseed on egg quality of laying quail. Int. J. Poult. Sci., 2010, **9** (6), 584-590.
- [3] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Int., 18th ed., USA, 2007.
- [4] Azeke M.A., Ekpo K.E.: Egg yolk cholesterol lowering effects of garlic and tea. J. Biol. Sci., 2008, **8**, 456-460.
- [5] Bobak Ł., Siepka E., Gładkowski W., Kielbowicz G., Dobrzański Z., Wawrzęńczyk C.: Frakcjonowanie masy jajowej z jaj przepiórczych (*Coturnix coturnix japonica*) w nadkrytycznym ditlenku węgla. Przem. Chem., 2013, **92**, 1472-1475.
- [6] Bragagnolo N., Rodriguez-Amaya D.B.: Comparison of the cholesterol content of Brazilian chicken and quail eggs. J. Food Compos. Anal., 2003, **16**, 147-153.
- [7] Calik J.: Zmiany cech jakościowych jaj pochodzących od kur nieśnych Żółtonóżka kuropatwana (Ż-33) w zależności od warunków ich przechowywania. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, **2** (87), 73-79.
- [8] Chojnacka K., Górecki H., Michalak I.: Technologia wytwarzania biologicznych dodatków paszowych z mikroelementami na bazie alg. Przem. Chem., 2009, **88**, 634-636.
- [9] Closa S.J., Marchesich C., Cabrera M., Morales J.C.: Composition of chicken and quail eggs. Arch. Latinoam. Nutr., 1999, **49** (2), 181-185.
- [10] Dukić Stojić M., Milošević N., Perić L., Jajić I., Tolimir N.: Egg quality of Japanese quail in Serbia (*Coturnix coturnix japonica*). Biotech. Anim. Husb., 2012, **28** (3), 425-431.
- [11] Folch J., Lees M., Stanley G.H.S.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 1957, **226**, 497-504.
- [12] Genchev A.: Quality and composition of Japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). Trakia J. Sci., 2012, **10** (2), 91-101.

- [13] Gładkowski W., Chojnacka A., Kielbowicz G., Pisarski B., Trziszka T., Wawrzeńczyk C.: Fatty acid composition of egg yolk phospholipid fractions following feed supplementation of Lohmann Brown hens with humic-fat preparations. *Food Chem.*, 2011, **26**, 1013-1018.
- [14] Gładkowski W., Chojnacka A., Kielbowicz G., Pisarski B., Trziszka T., Wawrzeńczyk C.: Izolowanie fosfolipidów z liofilizowanych żółtek jaj kurzych. *Przem. Chem.*, 2010, **89** (4), 352-355.
- [15] Güçlü B.K., Uyanık F., Işcan K.M.: Effects of dietary oil sources on egg quality, fatty acid composition of eggs and blood lipids in laying quail. *South Afric. J. Anim. Sci.*, 2008, **38** (2), 91-97.
- [16] Kaźmierska M., Jarosz B., Korzeniowska M., Trziszka T., Dobrzański Z.: Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2005, **14** (55), 69-73.
- [17] Kaźmierska M., Korzeniowska M., Trziszka T., Jarosz B.: Effect of fodder enrichment with PUFA-s on quail eggs. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **57** (4B), 281-284.
- [18] Kupczyński R., Janeczek W., Kinal S., Kuczaj M.: Wykorzystanie alg morskich w modyfikacji profilu kwasów tłuszczowych mleka krów. *Med. Weter.*, 2011, **67** (5), 304-308.
- [19] Laca A., Paredes B., Diaz M.: Quality characteristic on n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched eggs. *J. Anim. Feed Sci.*, 2009, **18**, 101-112.
- [20] Leskanich C.O., Noble R.C.: Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acids composition of avian eggs and meat. *World Poult. Sci. J.*, 1997, **53**, 154-182.
- [21] Maiorano G., Elminowska-Wenda G., Mika A., Rutkowski A., Bednarczyk M.: Effect of selection for yolk cholesterol on growth and meat quality in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Ital. J. Anim. Sci.*, 2009, **8**, 131-142.
- [22] Mennicken L., Ponsuksili S., Tholen E., Thi Kim Khang N., Steier K., Petersen J., Schellander K., Wimmers K.: Divergent selection for omega 3:omega 6 polyunsaturated fatty acid ratio in quail eggs. *Archiv Tierzucht*, 2005, **48** (5), 527-534.
- [23] Michalak I., Chojnacka K., Dobrzański Z., Gorecki H., Zielinska A., Korczyński M., Opalinski S.: Effect of macroalgae enriched with microelements on egg quality parameters and mineral content of eggs, eggshell, blood, feathers and droppings. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2012, **95** (3), 374-387.
- [24] Minvielle F.: The future of Japanese quail for research and production. *World Poult. Sci. J.*, 2004, **60**, 500-507.
- [25] Nordi W.M., Yamashiro K.C.E., Klank M., Locatelli-Dittrich R., Morais R.N., Reghelin A.I., Molento C.F.M.: Quail (*Coturnix coturnix japonica*) welfare in two confinement systems. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.*, 2012, **64** (4), 1001-1008.
- [26] Nowaczewski S., Kontecka H., Rosiński A., Koberling S., Koronowski P.: Egg quality of Japanese quail depends on layer age and storage time. *Folia Biologica*, 2010, **58** (3-4), 201-207.
- [27] Oliveira C.A.F., Ogido D.R., Ledoux G.E., Rottinghaus B., Correa B., Reis T.A., Goncalvez E.: The quality of eggs from Japanese quail, *Coturnix japonica*, fed rations containing Aflatoxin B₁ and Fumonisin B₁. *J. Poult. Sci.*, 2007, **44**, 29-33.
- [28] Olugbemi T.S., Mutayoba S.K., Lekule F.P.: Moringa oleifera leaf meal as a hypocholesterolemic agent in laying hen diets. *Liv. Res. Rural Develop.*, 2010, **22**, 312-316.
- [29] Rozporządzenie MRiRW z dnia 15 lutego 2010 r. w sprawie wymagań i postępowania przy utrzymywaniu zwierząt gospodarskich, dla których normy zostały określone w przepisach Unii Europejskiej (Dz. U. z 2010 r., nr 56, poz. 344 z późn. zm.).
- [30] Sahin N., Akdemir F., Orhan C., Kucuk O., Hayirli A., Sahin, K.: Lycopene-enriched quail egg as functional food for humans. *Food Int. Res.*, 2008, **41**, 295-300.
- [31] Silversides F.G., Budgell K.: The relationships among measures of egg albumen height, pH and whipping volume. *Poult. Sci.*, 2004, **83**, 1619-1623.

- [32] Szczerbińska D., Tarasiewicz Z., Sulik M., Kopczyńska E., Pyka B.: Effect of the diet with common flax (*Linum usitatissimum*) and black cumin seeds (*Nigella sativa*) on quail performance and reproduction. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2012, **30** (3), 261-269.
- [33] Tarasiewicz Z., Ligocki M., Szczerbańska D., Majewska D., Dańczak A.: Different level of crude protein and energy–protein ratio in adult quail diets. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 2006, **49**, 325-331.
- [34] Tokuşoğlu O.: The quality properties and saturated and unsaturated fatty acid profiles of quail egg: the alterations of fatty acids with process effects. *Int. J. Food. Sci. Nutr.*, 2006, **57** (7-8), 537-545.
- [35] Tunsaringkarn T., Siri Wong W., Tungjaroenchai W.: Chemical compositions of eggs from chicken, quail and snail-eating. *Thai J. Agric. Sci.*, 2011, **44** (5), 478-486.
- [36] Yalçın S., Oğuz F., Güçlü B., Yalçın S.: Effects of dietary dried baker's yeast on the performance, egg traits and blood parameters in laying quails. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2009, **41**(1), 5-10.
- [37] Yalçın S., Oğuz F., Güçlü B., Yalçın S.: Effects of the usage of dried brewing yeast in the diets on the performance, egg traits and blood parameters in quails. *Animal*, 2008, **2** (12), 1780-1785.

**EFFECT OF ENRICHING FEEDS WITH ALGAE MARINE AND LINSEED ON
MORPHOLOGICAL COMPOSITION AND PHYSICAL AND CHEMICAL
CHARACTERISTICS OF JAPANESE QUAIL EGGS**

S u m m a r y

The effect was studied of the application of algae marine and linseed as a source of fatty acids to feeding Japanese quail hens (*Coturnix coturnix japonica*) in terms of improving physical characteristics of eggs as well as the content of cholesterol and fatty acid profile in the yolk. Once the birds from a control group (240 females, divided into 6 replicates) were 6 weeks old, they were given *ad libitum* a standard G-090 feed (Granum Animals Nutrition, Poland). The experimental group (of the same structure) received the same feed, which, however, was enriched with algae marine (DHA Gold, Novus, Poland) and linseed in the amount of 5 g and 40 g, respectively, plus 0.3 g of selenium yeast (as an antioxidant) per 1 kg of feed. For further analysis, the eggs were collected in the 9th (period I), 13th (period II), and in the 17th week (period III) of production, i.e. in the 16th, 20th, and 24th week of age. During the three egg-laying periods, physical parameters of eggs in each group were assessed (weight of egg, of shell, of yolk and of egg white, yolk colour, and shell strength and thickness) as was the fatty acid profile; those parameters were determined by a gas chromatograph coupled with a mass spectrometer (GC/MS). Cholesterol was analyzed using an HP liquid chromatograph (produced by Agilent Technologies).

Enriching the feed of Japanese quail with algae marine and linseed had no effect on the morphological composition and physical parameters of egg (egg weight, percent contents of egg white, yolk and shell, thickness and strength of the shell), but it caused the active acidity (pH) of the egg white and yolk to significantly decrease. In addition, the applied additives caused the cholesterol level in the yolk to significantly decrease, the content of DHA acid in yolk to double its amount, and the n-6/n-3 ratio to decrease 3-4 times, what is very important as regards the nutritional and technological value of eggs.

Key words: Japanese quail, algae, linseed, physical parameters of eggs, fatty acids, cholesterol ☒

KRYSTYNA SZYMANDERA-BUSZKA, KATARZYNA WASZKOWIAK

WPLYW WYBRANYCH PRODUKTÓW TŁUSZCZOWYCH NA STABILNOŚĆ CHLOROWODORKU TIAMINY

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu produktów tłuszczowych o różnym stopniu nienasycenia na stabilność chlorowodorku tiaminy. Spośród produktów tłuszczowych wybrano: olej rzepakowy rafinowany, słonecznikowy rafinowany, olej lniany, oliwę z oliwek extra virgin oraz smalec. Roztwór chlorowodorku tiaminy наносono na celulozę w ilości 0,1 mg/100 g, a następnie mieszano z produktami tłuszczowymi, które dodawano w ilości 50 %. Próbkę przechowywano w temp. 30 °C. W próbkach pobieranych okresowo oznaczano zawartość tiaminy metodą tiochromową oraz zmiany oksydacyjne na podstawie zawartości pierwotnych (liczba nad-tlenkowa) i wtórnych (liczba anizydynowa) produktów utlenienia. W produktach tłuszczowych określono skład kwasów tłuszczowych.

Kwasy tłuszczowe nienasycone: C18:1, C18:2 i C18:3 stanowiły około 90 % ogółu kwasów tłuszczowych w olejach i 60 % w smalcu. Stwierdzono istotny wpływ rodzaju produktu tłuszczowego na stabilność chlorowodorku tiaminy. Obecność tłuszczów o wyższym stopniu nienasycenia wiązała się z większym tempem zmian oksydacyjnych podczas inkubacji i jednocześnie większymi stratami chlorowodorku tiaminy. Największe tempo rozpadu tiaminy stwierdzono w próbkach z olejem lnianym, a najwolniejsze – w próbkach ze smalcem. Na podstawie czasu potrzebnego do powstania strat tiaminy na poziomie 50 % ($T_{1/2}$) wyniki uszeregowano następująco: olej lniany ($T_{1/2}$ = 28 dni) > olej słonecznikowy > olej rzepakowy ($T_{1/2}$ = 79 dni) = oliwa z oliwek > smalec ($T_{1/2}$ = 93 dni). Straty chlorowodorku tiaminy podczas przechowywania korelowały z powstawaniem produktów utleniania tłuszczów, a w szczególności z zawartością wtórnych produktów tego procesu.

Słowa kluczowe: stabilność chlorowodorku tiaminy, produkty tłuszczowe, przechowywanie, liczba nad-tlenkowa, liczba anizydynowa

Wprowadzenie

W profilaktyce wielu tzw. chorób cywilizacyjnych zwraca się uwagę zarówno na poziom spożywanego tłuszczu, jak i jego skład, a zwłaszcza proporcje kwasów tłuszcz-

Dr inż. K. Szymandera-Buszk, dr inż. K. Waszkowiak, Katedra Technologii Żywności Człowieka, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 61-624 Poznań. Kontakt: kruszka@up.poznan.pl

czowych nasyconych oraz jedno- i wielonienasyconych [8, 11]. Organizm człowieka nie wytwarza enzymów prowadzących do syntezy wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (z grupy $n-3$ i $n-6$), dlatego konieczne jest dostarczenie tych związków z żywnością. Wiadomo jednak, że ich przemiany oksydacyjne przyczyniają się do pogorszenia właściwości sensorycznych tłuszczów oraz obniżenia ich wartości odżywczej i zdrowotnej [1, 9, 17, 20]. Określono związek pomiędzy powstawaniem produktów utlenienia tłuszczów a stratami witamin, w tym tiaminy [2, 3, 5, 18, 19]. Wcześniejsze badania dowodzą wpływu produktów utlenienia tłuszczów na zmiany ilościowe tiaminy, głównie w powiązaniu z działaniem wysokiej temperatury. Stwierdzono, że w procesie smażenia straty tiaminy wywołane działaniem wysokiej temperatury potęgowane są oddziaływaniem powstających produktów utlenienia tłuszczów i mogą wynosić od 10 do 50 % [18, 19, 22]. Biorąc pod uwagę zalecenia żywieniowe sugerujące zwiększenie w diecie człowieka poziomu kwasów tłuszczowych jedno- i wielonienasyconych poprzez wprowadzenie ich m.in. do produktów mięsnych, które stanowią jedno z głównych źródeł tiaminy [12], nieodzowne jest sprawdzenie stabilności tiaminy podczas przechowywania w ich obecności.

Celem pracy było określenie wpływu produktów tłuszczowych o różnym stopniu nienasylenia na stabilność chlorowodorku tiaminy podczas przechowywania.

Materiał i metody badań

Źródłem tiaminy był wodny roztwór chlorowodorku tiaminy (Merck) naniesiony na celulozę (Sigma-Aldrich) w ilości 0,1 mg/100 g. Spośród produktów tłuszczowych wybrano: olej rzepakowy rafinowany (ZT „Kruszwica” S.A.), olej słonecznikowy rafinowany (ZT „Kruszwica” S.A.), olej lniany („Oleofarm” Sp. z o.o.), oliwę z oliwek extra virgin („Monini” Włochy) oraz smalec (Zakłady Mięsne „POZMEAT” S.A.), które nanoszono na celulozę w ilości 50 % (m/m). Liczba nadtlenkowa (LOO) olejów wahała się od 0,5 do 0,8 meq O_2 /kg, a liczba anizydynowa – od 0,25 do 0,32 jednostek. Próbkę o masie 30 g, mieszane dwa razy dziennie, przechowywano w temp. 30 ± 1 °C, bez dostępu światła przez 31 dni.

W próbkach oznaczano zawartość tiaminy metodą tiochromową [23]. W produktach tłuszczowych oznaczano skład procentowy kwasów tłuszczowych [7]. Określano także zmiany oksydacyjne na podstawie zawartości pierwotnych (liczba nadtlenkowa) [16] oraz wtórnych produktów przemian oksydacyjnych (liczba anizydynowa) [15]. Uzyskane wyniki tych oznaczeń przedstawiono jako wskaźnik oksydacji tłuszczu Tox [14]. Ekstrakcję tłuszczu prowadzono metodą Folcha [13].

Analizę statystyczną wykonano w programie StatisticaTM PL 9.0 (StatSoft). Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji z użyciem testu Tukeya. Hipotezy testowano na poziomie istotności $p = 0,05$. W celu określenia siły współza-

leżności pomiędzy zmiennymi obliczono współczynniki korelacji liniowej. Dla zbadania kształtu i kierunku tych powiązań wyznaczono równania regresji liniowej:

$$y = ax + b, \text{ gdzie:}$$

y – wartość badanego parametru,

x – czas inkubacji,

a – współczynnik przy zmiennej niezależnej (tg kąta nachylenia krzywej regresji),

b – wyraz wolny.

Do określenia tempa ubytków chlorowodorku tiaminy obliczono czas połowicznego rozpadu tiaminy, czyli czas, w którym tiamina ulegnie rozpadowi w 50 %.

Wyniki badań stanowią wartości średnie z co najmniej trzech powtórzeń.

Wyniki i dyskusja

Stwierdzono istotny ($p \leq 0,05$) wpływ rodzaju produktu tłuszczowego na stabilność chlorowodorku tiaminy (tab. 1). W miarę wydłużania czasu przechowywania następowało zmniejszenie zawartości chlorowodorku tiaminy w obecności wszystkich produktów tłuszczowych. Na podstawie tangensa kąta nachylenia prostej zależności procentowej zawartości tiaminy od czasu przechowywania oraz obliczonego czasu potrzebnego do powstania strat tiaminy na poziomie 50 % ($T_{1/2}$) uzyskane wyniki (tab. 1) uszeregowano według tempa strat tiaminy: olej lniany > olej słonecznikowy > olej rzepakowy = oliwa z oliwek > smalec. Najszybsze tempo rozpadu tiaminy stwierdzono przy zastosowaniu oleju lnianego, najwolniejsze – przy zastosowaniu smalcu. W próbkach zawierających olej lniany $T_{1/2}$ wynosił 28 dni, a w próbkach ze smalcem – 93 dni. Czas połowicznego rozpadu chlorowodorku tiaminy w próbkach zawierających smalec był więc dłuższy o 70 % w porównaniu z próbkami zawierającymi olej lniany. W obecności oleju rzepakowego oraz oliwy z oliwek stwierdzono zbliżone tempo powstawania strat chlorowodorku tiaminy, a czas połowicznego rozpadu analizowanej witaminy wynosił 79 dni. Czas ten był krótszy o 15 % w porównaniu z $T_{1/2}$ próbek zawierających smalec. W próbkach zawierających olej słonecznikowy stwierdzono szybsze tempo rozpadu tiaminy w porównaniu z olejem rzepakowym czy oliwą z oliwek. Obliczony czas połowicznego rozpadu chlorowodorku tiaminy w obecności tych tłuszczów był krótszy o 4 dni niż w obecności oleju słonecznikowego.

Tłuszcze wybrane do badań charakteryzowały się zróżnicowanym składem kwasów tłuszczowych, a tym samym różną dynamiką zmian oksydacyjnych podczas przechowywania (rys. 1). Kwasy tłuszczowe nienasycone: C18:1, C18:2 i C18:3 stanowiły około 90 % ogółu kwasów tłuszczowych w olejach i 60 % – w smalcu (tab. 2). Analiza składu kwasów tłuszczowych potwierdziła największy udział kwasu oleinowego w oliwie z oliwek i oleju rzepakowym, wynoszący odpowiednio: 71 i 66 %. W oleju słonecznikowym najwięcej było kwasu linolowego (69 %), a w oleju lnianym – kwasu

α -linolenowego (48 %). Stwierdzono zależność pomiędzy składem kwasów tłuszczowych w badanych tłuszczach a tempem zmian zawartości chlorowodorku tiaminy podczas przechowywania próbek. W wariantach próbek z tłuszczami charakteryzującymi się większym udziałem kwasów tłuszczowych o wyższym stopniu nienasycenia obserwowano większe tempo strat chlorowodorku tiaminy (tab. 1). W przypadku oleju lnianego zawierającego najwięcej kwasu α -linolenowego tempo powstawania strat chlorowodorku tiaminy było najszybsze.

Tabela 1. Wartości czasu połowicznego rozpadu i współczynników w równaniach regresji przedstawiających zależności pomiędzy zawartością chlorowodorku tiaminy (wyrażoną jako % początkowej zawartości) a czasem przechowywania w obecności wybranych tłuszczów.

Table 1. Values of half-life and coefficients in regression equations presenting correlation between thiamine hydrochloride content (expressed as % of initial content) and time of storage in the presence of selected fats.

Rodzaj tłuszczu Type of fat	Wskaźniki zawartości tiaminy Values of thiamine content			
	$T_{1/2}$ [dni / days]	r^2	$Y = ax + b$	
			A	b
Smalec / Lard	93,0 ^d	0,97 *	- 0,52214	99,6866
Olej rzepakowy / Rapeseed oil	79,0 ^c	0,96 *	- 0,60632	99,40887
Oliwa z oliwek / Olive oil	79,1 ^c	0,96 *	- 0,5888	98,35621
Olej słonecznikowy / Sunflower oil	74,9 ^b	0,93 *	- 0,59745	97,54403
Olej lniany / Linseed oil	28,0 ^a	0,99 *	- 1,80803	101,0044

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c, d – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$); $n = 12$;

* – współczynniki determinacji linowej statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$ / statistically significant coefficients of linear determination at $p \leq 0,05$.

Wykazano także istotną ($p \leq 0,05$) ujemną korelację pomiędzy zawartością tiaminy a stabilnością oksydacyjną tłuszczów (tab. 3). Tym prawdopodobnie można również tłumaczyć zmienną stabilność chlorowodorku tiaminy w tłuszczach o różnych zawartościach kwasu α -linolenowego. W próbkach zawierających oleje o większym stopniu nienasycenia stabilność oksydacyjna była znacznie mniejsza (rys. 1), co potwierdzają wcześniejsze badania [4, 6, 21].

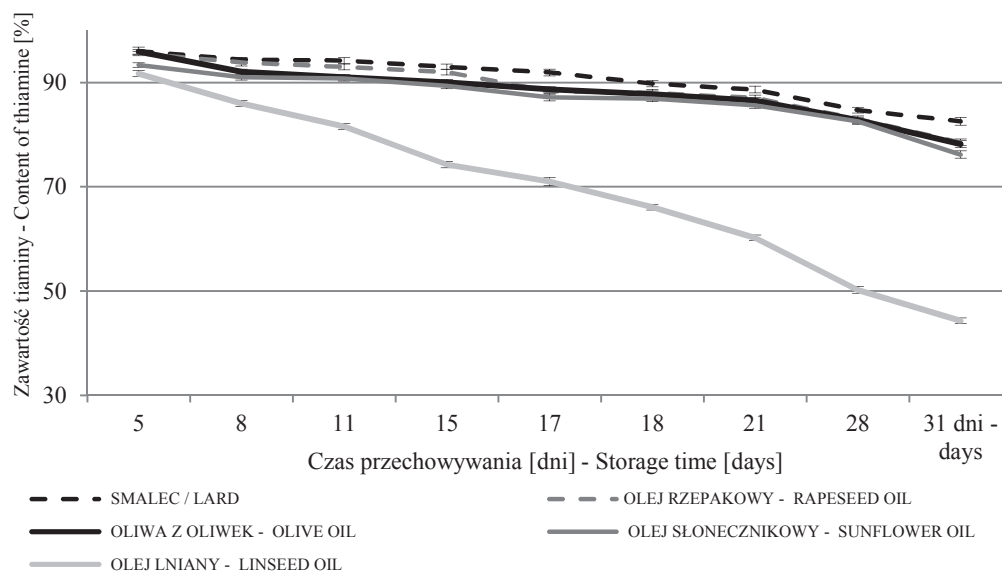
Tabela 2. Udział nienasyconych kwasów tłuszczowych w składzie wybranych tłuszczów.

Table 2. Percent content of unsaturated fatty acids in selected fats.

Rodzaj tłuszczu Type of fat	Skład nienasyconych kwasów tłuszczowych Percent composition of unsaturated fatty acids [%]		
	C18:1	C18:2	C18:3
Smalec / Lard	50 ^c	13 ^a	0 ^a
Olej rzepakowy / Rapeseed oil	66 ^d	23 ^c	4 ^d
Olej słonecznikowy / Sunflower oil	23 ^b	69 ^e	1 ^b
Oliwa z oliwek / Olive oil	71 ^e	21 ^b	2 ^c
Olej lniany / Linseed oil	18 ^a	23 ^d	48 ^e

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (dotyczą rodzaju produktu tłuszczowego w ramach tego samego kwasu tłuszczowego) ($p \leq 0,05$) / Mean values denoted by different letters differ statistically significantly (they refer to fat product type with the same fatty acid) ($p \leq 0.05$); n = 9.



Rys. 1. Straty chlorowodoru tiaminy podczas przechowywania w temp. 30 °C, w próbkach zawierających tłuszcze.

Fig. 1. Losses of thiamine hydrochloride during storage at 30 °C in samples containing fats.

Na podstawie zmian zawartości pierwotnych (liczba nadutlenkowa) i wtórnych produktów utleniania (liczba anizydynowa) określono wskaźnik oksydacji tłuszczu Totox, wyrażający ogólny stopień utlenienia tłuszczu. Na rys. 1. przedstawiono zależ-

ność pomiędzy zawartością tiaminy podczas przechowywania w układach doświadczalnych zawierających tłuszcze a wartościami wskaźnika Totox, wyrażonym w % wzrostu wobec pierwszego dnia przechowywania. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy stratami tiaminy a kształtowaniem się wartości wskaźnika Totox. Najwyższe wartości wskaźnika Totox zaobserwowano w próbkach zawierających olej lniany, co jednocześnie związane było z największymi stratami chlorowodorku tiaminy. Najmniejsze straty chlorowodorku tiaminy, przy jednocześnie najniższych wartościach wskaźnika utlenienia tłuszczu (Totox), stwierdzono w układach zawierających smalec.

Tabela 3. Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością chlorowodorku tiaminy a wskaźnikami stabilności oksydacyjnej produktów tłuszczowych.

Table 3. Correlation coefficients between thiamine hydrochloride content and oxidative stability of fats.

Rodzaj tłuszczu Type of fat	Współczynnik korelacji pomiędzy zawartością tiaminy a wskaźnikami stabilności oksydacyjnej tłuszczu Coefficient of correlation between thiamine content and coefficients of oxidative stability of fat	
	Liczba nadtlenkowa Peroxide value	Liczba anizydynowa Anisidine value
Smalec / Lard	-0,89*	-0,96*
Olej rzepakowy / Rapeseed oil	-0,89*	-0,95*
Oliwa z oliwek / Olive oil	-0,90*	-0,96*
Olej słonecznikowy / Sunflower oil	-0,91*	-0,98*
Olej lniany / Linseed oil	-0,90*	-0,96*
Współczynnik korelacji pomiędzy stabilnością chlorowodorku tiaminy a początkową zawartością kwasu α -linolenowego w olejach Coefficients of correlation between stability of thiamine hydrochloride and initial content of α -linolenic acid in oils.		- 0,95*

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* – zależność liniowa statystycznie istotna przy $p \leq 0,05$ / statistically significant linear correlation at $p \leq 0.05$; $n = 12$.

W tab. 3. przedstawiono współczynniki korelacji liniowej pomiędzy zawartością chlorowodorku tiaminy a wskaźnikami utlenienia tłuszczów. Zaobserwowano ujemną korelację pomiędzy zawartością tiaminy a zawartością zarówno pierwotnych, jak i wtórnych produktów utlenienia wszystkich badanych tłuszczów. Wyższe wartości współczynników korelacji stwierdzono pomiędzy zawartością tiaminy a wtórnymi

produktami utlenienia, co może wskazywać na większą wrażliwość chlorowodoru tiaminy na ich obecność. Straty chlorowodoru tiaminy spowodowane działaniem produktów utlenienia tłuszczów wynikają z dużej wrażliwości tej witaminy na czynniki oksydo-redukcyjne [3, 10]. Podobne wnioski uzyskano podczas analizy stabilności tiaminy zawartej w mięsie sterylizowanym z dodatkiem utlenionego smalcu [19]. Można przypuszczać, że chlorowodorek tiaminy w obecności pierwotnych i wtórnych produktów utlenienia tłuszczów ulega utlenieniu [2].

Wnioski

1. W układach chlorowodorek tiaminy - tłuszcz stwierdzono istotny wpływ rodzaju produktu tłuszczowego na zawartość chlorowodoru tiaminy podczas przechowywania próbek w temp. 30 °C.
2. Wyższy stopień nienasycenia tłuszczów wiązał się ze zwiększonymi stratami chlorowodoru tiaminy. Największe straty chlorowodoru tiaminy stwierdzono w układach z olejem lnianym, a najmniejsze – w próbkach ze smalcem.
3. Na zmniejszenie zawartości chlorowodoru tiaminy wpływały postępujące zmiany oksydacyjne produktów tłuszczowych, tak więc można stwierdzić, że stabilność obecnego w układzie tłuszczu wpływała na stabilność chlorowodoru tiaminy.

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki – projekt badawczy Nr N312 241638.

Literatura

- [1] Bałasińska B., Mazur A.: Utlenione tłuszcze z diety mogą uczestniczyć w rozwoju miażdżycy. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2004, **58**, 176-182.
- [2] Cooksey K., Klein B.P., McKeith F.K.: Thiamin retention and other characteristics of cooked beef loin roasts. *J. Food Sci.*, 1990, **55**, 863-864.
- [3] Dwivedi B.K., Arnold R.G.: Chemistry of thiamine degradation 4-methyl-S(β -hydroksyethyl) thiazole from thermally degraded thiamine. *J. Food Sci.*, 1972, **37**, 689-692.
- [4] Hęś M., Gramza-Michałowska A., Szymandera-Buszk K.: Wpływ wybranych metod ogrzewania oraz zamrażalniczego przechowywania na utlenianie się lipidów w produktach mięsnych z dodatkiem przeciwutleniaczy. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, **42** (3), 455-459.
- [5] Hęś M., Jeżewska M., Szymandera-Buszk K., Gramza-Michałowska A.: Wpływ dodatków przeciwutleniających na wybrane wskaźniki wartości odżywczej mięsa suszonego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **5** (78), 94-106.
- [6] Hęś M., Korczak J.: Wpływ różnych czynników na szybkość utleniania się lipidów mięsa. *Nauka Przyr. Technol.*, 2007, **1** (1), 1-3.
- [7] ISO/FDIS 17059: 2007: Oilseeds - Extraction of oil and preparation of methyl esters of triglyceride fatty acids for analysis by gas chromatography (Rapid method).
- [8] Khandelwal S., Kelly A., Malik R., Prabhakaran D., Reddy S.: Impact of omega-3 fatty acids on cardiovascular outcomes: A review. *J. Preventive Cardiology*, 2013, **2** (3), 325-326.

- [9] Korczak J., Hęś M., Gramza A., Jędrusek-Golińska A.: Influence of fat oxidation on the stability of lysine and protein digestibility in frozen meat products. *Electron. J. Pol. Agric. Univ. Food Sci. Technol.*, 2004, **7**, 1-13.
- [10] Kotas I.: Biosynteza i bioaktywacja tiaminy. *Postępy Biol. Kom.*, 2001, **28** (Suppl.16), 199-212.
- [11] Marciniak-Lukasiak K.: Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **6** (79), 24-35.
- [12] Nadolna J., Przygoda B., Troszczyńska A., Kunachowicz H.: Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych - witaminy. *Prace IŻŻ*, Warszawa 2000.
- [13] Pérez-Palacios T., Ruiz J., Martín D., Muriel E., Antequera T.: Comparison of different methods for total lipid quantification in meat and meat products. *Food Chem.*, 2008, **110**, 1025-1029.
- [14] PN-93/A-86926. Tłuszcze roślinne jadalne. Oznaczanie liczby anizydynowej oraz obliczanie wskaźnika oksydacji tłuszczu Totox.
- [15] PN-EN ISO 6885:2008 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
- [16] PN-ISO 3960:2005 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlencowej.
- [17] Pyrcz J., Kowalski R., Danyluk B.: Wpływ obróbki cieplnej na zmiany jakości kutowanych kielbas parzonych. *Med. Weter.*, 2007, **63** (4), 475-479.
- [18] Szymandera-Buszk K.: Oddziaływanie wybranych czynników technologicznych na zmiany ilościowe tiaminy wolnej i związanej w mięsie wołowym. *Mat. XXIX Sesji Naukowej KTiChŻ PAN*, Olsztyn, 1998, s. 255.
- [19] Szymandera-Buszk K.: The quantitative and qualitative changes of thiamine in sterilized pork in the presence of selected technological additives. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **12/53**, 59-62.
- [20] Świdorski F., Waszkiewicz-Robak B., Obiedziński M., Matias D.: Jakość rynkowych wyrobów cukierniczych z dużym udziałem tłuszczu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **1(46) supl.**, 192-200.
- [21] Tańska M., Rotkiewicz D.: Jakość tłuszczu nasion oleistych zastosowanych do produkcji wybranych rodzajów pieczywa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **5** (78), 62-74.
- [22] Thayer D.W., Shieh J.J., Jenkins R.K., Philips J.G., Wierbicki E., Ackerman S.A.: Effect of gamma ray irradiation and frying on the thiamine content of bacon. *J. Food Quality*, 2007, **12** (2), 115-134.
- [23] Waszkowiak K., Szymandera-Buszk K.: Effect of collagen preparations used as carriers of potassium iodide on retention of iodine and thiamine during cooking and storage of pork meatballs. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, **87** (8), 1473-1479.

EFFECT OF SELECTED FAT PRODUCTS ON STABILITY OF THIAMINE HYDROCHLORIDE

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the effect of fat products with varying degrees of unsaturation on the stability of thiamine hydrochloride. Among the selected fat products, there were: refined rapeseed oil, refined sunflower oil, linseed oil, extra virgin olive oil, and pork lard. An amount of 0.1 mg/100 g of thiamine hydrochloride solution was deposited onto a cellulose and, then, the cellulose was mixed with selected fat products that were added in the amount of 50 %. Samples were stored at a temperature of 30 °C. In the periodically collected samples, the thiamine content was determined using a thiochromium method as were oxidative changes based on the contents of primary (peroxide value) and secondary (anisidine value) oxidation products. In the fat products, the fatty acid composition was determined.

Unsaturated fatty acids: C18:1, C18:2, and C18:3 constituted ca. 90% of total fatty acids in the oils and 60% in the lard. It was found that the type of fat product had a significant impact on the stability of thiamine hydrochloride. The presence of fats showing a higher degree of unsaturation was correlated with the higher rate of oxidative changes during the incubation and, at the same time, with the higher losses of the thiamine hydrochloride. The highest disintegration rate of thiamine was found in the samples with linseed oil and the lowest in the samples with lard. Based on the time period necessary for thiamine losses of 50% ($T_{1/2}$) to be incurred, the results were arranged as follows: linseed oil ($T_{1/2}$ = 28 days) > sunflower oil > rapeseed oil ($T_{1/2}$ = 79 days) = olive oil > lard ($T_{1/2}$ = 93 days). The losses of thiamine hydrochloride during the storage correlated with the production of fat oxidation products, in particular with the content of the secondary products of that process.

Key words: stability of thiamine hydrochloride, fat products, storage, peroxide value, anisidine value ☒

KAROLINA KRAMEK, PAWEŁ GLIBOWSKI

WŁAŚCIWOŚCI TEKSTURALNE I REOLOGICZNE MIESZANINY INULINY I TŁUSZCZU MLECZNEGO STABILIZOWANEJ LECYTYNĄ

Streszczenie

Celem pracy było porównanie właściwości teksturalnych i reologicznych mieszanin otrzymanych na bazie tłuszczu mlecznego (15,20 %), inuliny (15, 18, 21, 24 %) oraz lecytyny sojowej (2 %). Emulsje otrzymano sporządzając wodne zawiesiny inuliny, po czym ogrzewano je do temp. 65 °C lub 100 °C, łączono z bezwodnym tłuszczem mlecznym o temp. 70 °C oraz lecytiną, a następnie homogenizowano. Sporządzone emulsje przechowywano przez 24 h w temp. 5 °C, a następnie oznaczano cechy reologiczne oraz teksturalne.

Zarówno właściwości teksturalne (twardość, adhezyjność, kohezyjność, smarowność), jak i reologiczne (lepkość pozorna, moduł G' i G'') powstałych emulsji w znacznym stopniu zależały od temperatury ogrzewania roztworu inuliny. Badane cechy mieszanin przygotowanych z zastosowaniem zawiesin inuliny ogrzewanej do temp. 65 °C charakteryzowały się znacznie mniejszym odchyleniem standardowym w stosunku do ogrzewanych do 100 °C. Prawdopodobną tego przyczyną była utrata zdolności do krystalizacji inuliny przez jej całkowite rozpuszczenie w 100 °C. Obecność tłuszczu mlecznego nie wpłynęła katalizująco na krystalizację inuliny. Niższa temperatura umożliwiła tworzenie jednrodnej emulsji. Stwierdzono, że wzrost stężenia inuliny oraz tłuszczu mlecznego spowodował wzrost twardości i zmniejszenie smarowności emulsji oraz że do wytworzenia emulsji o przewidywanych właściwościach teksturalnych i reologicznych konieczne jest stosowanie temperatur umożliwiających krystalizację inuliny.

Słowa kluczowe: inulina, tłuszcz mleczny, emulsje, smarowność, właściwości teksturalne, właściwości reologiczne

Wprowadzenie

Inulina jest węglowodanem zapasowym wielu roślin. Zbudowana jest z cząsteczek fruktozy połączonych wiązaniami $\beta(1-2)$ oraz jednej reszty glukozowej połączo-

Mgr inż. K. Kramek, dr hab. inż. P. Glibowski, Katedra Biotechnologii, Żywnienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin. Kontakt: karolina_kramek@wp.pl

nej z ostatnią fruktozą za pomocą wiązania $\alpha(1-2)$ [20]. Obecność tych wiązań powoduje, że inulina ma niską wartość kaloryczną, gdyż nie jest trawiona przez enzymy jelitowe człowieka, a tym samym pełni funkcję błonnika pokarmowego [23]. Z tego powodu może być spożywana przez diabetyków, ponieważ nie wpływa na podniesienie poziomu glukozy we krwi [20]. Niestrawiona inulina stymuluje w jelicie grubym wzrost i/lub aktywność wielu bakterii probiotycznych, korzystnie oddziałujących na zdrowie człowieka [21].

Na skalę przemysłową inulina otrzymywana jest przede wszystkim z korzeni cykorii. Inulina natywna zawiera cząsteczki o stopniu polimeryzacji (DP) od 3 do ponad 60, przy czym średni stopień polimeryzacji wynosi 10 - 13. Taka inulina zawiera dużą ilość cukrów prostych i charakteryzuje się słodkim smakiem [20]. Na rynku dostępne są również inuliny o wysokim DP (≥ 23), o bardzo dobrych właściwościach zagęszczająco-żelujących oraz niewykazujące słodkiego smaku [8, 12]. Dzięki tym właściwościom oraz wodochłonności i zdolności nadawania produktom kremowej konsystencji, inulina jest szeroko stosowana w przemyśle spożywczym, m.in. mleczarskim, wędliniarskim, piekarskim i ciastkarskim. Produkty spożywcze wzbogacone w inulinę uznawane są za żywność funkcjonalną [5].

W odpowiednich warunkach możliwe jest tworzenie przez inulinę stabilnych żeli podobnych do tłuszczu [18]. Cecha ta jest wyjątkowo cenna, gdyż pozwala na tworzenie funkcjonalnych alternatyw dla masła i margaryny. Wysoki stopień polimeryzacji inuliny (DP ≥ 23) pozwala na otrzymanie żeli przy stężeniu 15 ÷ 20 % [4], uzależnione jest to jednak od temperatury ogrzewania roztworu inuliny [16]. Żele inulinowe powstają łatwo w stosunkowo niskich temperaturach (20 ÷ 40 °C), natomiast wzrost temperatury roztworu inuliny powyżej 70 °C powoduje stopniową utratę zdolności żelowania w wyniku zupełnego rozpuszczenia w roztworze ziaren krystalizacyjnych [15, 16]. Ponowny dodatek ziaren krystalizacyjnych pozwala na wytworzenie struktury żelowej [13]. Nie jest jednak wiadome, czy inne substancje, np. tłuszcz mleczny, nie mogą działać katalizująco na powstawanie struktury krystalicznej inuliny. Florowska i wsp. [7] dowiedli np. że dodatek soli kuchennej w ilości 1 ÷ 3 % znacznie poprawia właściwości żelujące inuliny.

Pod względem reologicznym żele inulinowe są to substancje rozrzedzane ścinaniem o właściwościach tiksotropowych [12, 14, 15]. W modelowych badaniach dotyczących zastosowania inuliny do otrzymywania emulsji z udziałem olejów roślinnych dowiedziono, że układy zawierające 20 % inuliny, 20 % oleju rzepakowego oraz 3 % lecytyny wykazują podobieństwo do dostępnych na rynku produktów do smarowania pieczywa [11]. Do tej pory nie publikowano badań związanych z tworzeniem emulsji na bazie inuliny oraz tłuszczu mlecznego, o charakterystyce fizykochemicznej odmiennej od ciekłych olejów.

Celem pracy było określenie właściwości teksturalnych i reologicznych mieszanin sporządzanych z tłuszczu mlecznego, inuliny oraz lecytyny, a także ocena wpływu temperatury ogrzewania roztworu inuliny na te właściwości.

Material i metody badań

Do badań zastosowano inulinę otrzymaną z korzeni cykorii, Frutafit TEX! o stopniu polimeryzacji ≥ 23 (Sensus, Holandia), bezwodny tłuszcz mleczny (BTM) (SM Mlekovita, Wysokie Mazowieckie, Polska) oraz lecytynę sojową (ICHEM, Łódź, Polska).

Próbki otrzymywano poprzez zmieszanie roztopionego bezwodnego tłuszczu mlecznego z lecytiną oraz roztworem inuliny. Skład otrzymanych emulsji przedstawiono w tab. 1. Roztwór inuliny otrzymywano poprzez mieszanie inuliny z wodą destylowaną o temp. 20 °C za pomocą mieszadła magnetycznego MS 11HS (Wigo, Piastów, Polska), a następnie ogrzewanie do 65 lub 100 °C. Mieszaninę fazy tłuszczowej i wodnej umieszczano w pojemniku homogenizatora H 500 (Pol-Eko Aparatura, Polska), a następnie homogenizowano przez 3 min z prędkością 12 tys. obr./min. Otrzymane emulsje rozlewano do pojemników o objętości 50 cm³ i średnicy 35 mm, które zamykano wieczkami oraz do pojemników do pomiaru smarowności o kształcie odwróconego stożka. Próbki przetrzymywano w temperaturze 20 ÷ 22 °C przez 1 h, a następnie umieszczano w szafie termostatycznej i przechowywano w temp. 5 °C przez 24 h.

Badania tekstury prowadzono za pomocą TA-XT2i Texture Analyser (Stable Microsystems, Goaldming, Wielka Brytania). Wykonywano profilową analizę tekstury (TPA) w modyfikacji Bonczar i wsp. [2], w wyniku której uzyskano wartości twardości, adhezyjności oraz kohezyjności. Wykonywano dwa sekwencyjne zanurzenia w próbkę walca o średnicy 1 cm na głębokość 15 mm z prędkością 1 mm/s, przedzielone fazą relaksacyjną trwającą 30 s.

Twardość zdefiniowano jako siłę (N) niezbędną do pierwszego zanurzenia walca w emulsję. Adhezyjność wyrażano jako iloczyn siły niezbędnej do wyciągnięcia walca z emulsji i czasu tego wyciągnięcia (N·s). Kohezyjność wyznaczano jako stosunek pracy podczas kompresji próbki w cyklu drugim do pierwszego. Wartości kohezyjności zawierają się w przedziale 0 ÷ 1. We wglębnej analizie TPA „1” oznacza, że następuje całkowita odbudowa struktury badanej próbki (model – ciecz), „0” natomiast oznacza, że próbka nie powraca do kształtu wyjściowego [9]. Smarowność analizowano poprzez zanurzenie stożkowej końcówki analizatora tekstury, poruszającej się z prędkością 3 mm/s, w pojemniku o kształcie odwróconego stożka zawierającego emulsję. Siłę (N) mierzono przez cały czas trwania analizy, a smarowność wyznaczano jako powierzchnię powstałą pod krzywą i wyrażano w N·s. Łatwiej rozsmarowujące

się próbki wymagały mniejszej siły potrzebnej do wciśnięcia stożkowej końcówki w próbkę. Mniejsze wartości smarowności oznaczają lepszą smarowność [25].

Tabela 1. Skład otrzymanych emulsji [%] oraz temperatura ogrzania roztworu inuliny przed sporządzeniem emulsji.

Table 1. Composition of produced emulsions [%] and temperature of heating inulin solution prior to making emulsion.

Próbka Sample	Inulina Inulin	Bezwodny tłuszcz mleczny Anhydrous milk fat	Lecytyna Lecithin	Temperatura Temperature
IN15F15T65	15	15	2	65
IN15F15T100	15	15	2	100
IN18F15T65	18	15	2	65
IN18F15T100	18	15	2	100
IN21F15T65	21	15	2	65
IN21F15T100	21	15	2	100
IN24F15T65	24	15	2	65
IN24F15T100	24	15	2	100
IN18F20T65	18	20	2	65
IN18F20T100	18	20	2	100
IN21F20T65	21	20	2	65
IN21F20T100	21	20	2	100
IN24F20T65	24	20	2	65
IN24F20T100	24	20	2	100

Objaśnienie: / Explanatory note:

Woda do przygotowania roztworu inuliny stanowi uzupełnienie do 100 % / Percent of water added while preparing inulin solution had to make 100 %.

Badania reologiczne prowadzono po 24-godzinnym przechowywaniu próbek, w układzie współosiowym płytka-płytkę za pomocą reometru RS 300 (Haake, Karlsruhe, Niemcy). Szerokość szczeliny pomiędzy ząbkowanymi płytkami o średnicy 35 mm wynosiła 1 mm. Wszystkie pomiary wykonywano w temp. 20 °C, utrzymywanej dzięki cyrkulacyjnej łaźni wodnej Haake DC30 (Haake Karlsruhe, Niemcy). Wyniki rejestrowano komputerowo w programie Rheo-Win Pro 2.91 (Haake, Karlsruhe, Niemcy). Lepkość pozorną oznaczano stosując szybkość ścinania 10 s^{-1} w ciągu 120 s. Do celów analitycznych wyliczano średnią wartość lepkości w 90., 105. i 120. s pomiaru, co odpowiada parametrom stosowanym w analizie produktów przeznaczonych do smarowania pieczywa [17]. W badaniach oscylacyjnych określano wartości modułu zachowawczego (G') i modułu stratności (G'') w funkcji częstotliwości drgań, w zakresie od 0,1 do 100 Hz, przy odkształceniu 0,001 (0,1 %), po wcześniejszej analizie krzywych

odkształcenia. Do celów analitycznych użyto wartości modułów uzyskane w warunkach częstotliwości 1 Hz [12].

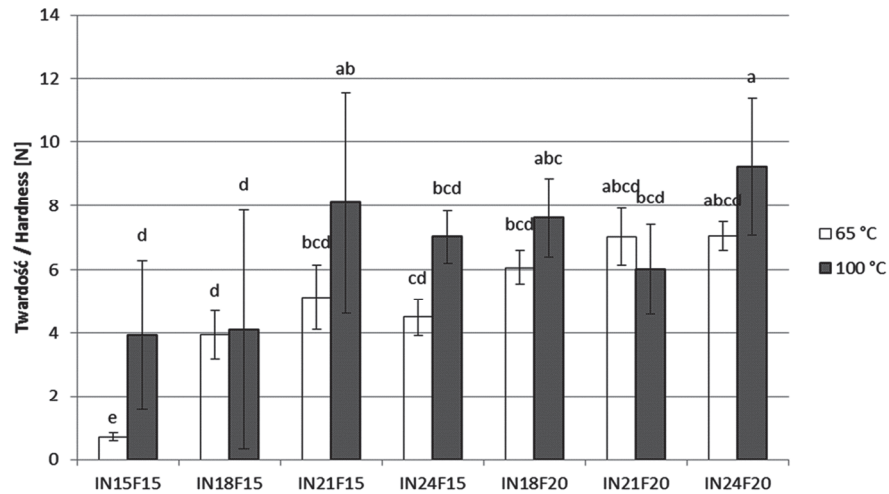
Badania przeprowadzono w trzech seriach, po dwa powtórzenia każdej badanej mieszaniny. Obliczenia wartości średnich, odchyłeń standardowych oraz istotności różnic między średnimi dokonano stosując procedurę ANOVA, z wykorzystaniem testu rozstępu Studenta-Newmana-Keulsa ($p \leq 0,05$). Obliczenia wykonano w programie SAS Enterprise Guide 3.0.3.414.

Wyniki i dyskusja

Twardość otrzymanych emulsji (rys. 1) mierzono w temp. 5 °C, tj. zbliżonej do temperatury tłuszczów do smarowania bezpośrednio po wyjęciu ich z chłodziarki. Emulsje sporządzone z tłuszczu mlecznego i roztworu inuliny ogrzewanego do temp. 65 °C cechowały się mniej zróżnicowaną twardością w porównaniu z ich odpowiednikiem ogrzewanym do 100 °C, co prawdopodobnie było spowodowane zniszczeniem struktury krystalicznej inuliny na skutek jej ogrzania do 100 °C. Twardość większości emulsji wzrastała wraz ze wzrostem zawartości inuliny i tłuszczu mlecznego, co upodobiło je do tłuszczów handlowych. Glibowski i wsp. [9] wykazali, że twardość tłuszczów stołowych wzrasta wraz ze zwiększaniem zawartości tłuszczu w badanym produkcie. Twardość otrzymanych emulsji była bardziej zbliżona do twardości tłuszczów stołowych zawierających 60 % tłuszczu ($2 \div 3$ N) oraz margaryn o 20-procentowej zawartości tłuszczu niż do twardości masła (64 N) [17].

Analogiczne zależności wystąpiły również w przypadku smarowności (rys. 2). Zaobserwowano związek pomiędzy zawartością tłuszczu i inuliny w danej mieszaninie a smarownością emulsji. Najlepszą smarownością cechowały się emulsje o najmniejszej zawartości BTM i inuliny. Uzyskane smarowności zbliżone były do smarowności produktów handlowych o zawartości tłuszczów roślinnych wynoszącej 20 % ($26 \div 43$ N·s) i 60 % ($55 \div 210$ N·s) [17]. Ponadto stwierdzono, że tak jak w przypadku twardości, smarowność mieszanin sporządzonych przez ogrzewanie roztworu inuliny do 100 °C była obciążona znaczną niepewnością ze względu na duże wartości odchylenia standardowego.

Zależności zbliżone do zaobserwowanych przy ocenie twardości i smarowności występują również w przypadku adhezyjności (tab. 2). Wzrost temperatury ogrzewania roztworów inuliny spowodował wzrost adhezyjności badanych mieszanin. Najmniejszą, choć nieróżniącą się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$), adhezyjnością charakteryzowały się emulsje zawierające 15 % tłuszczu mlecznego oraz 15 i 18 % inuliny, czyli te, które cechowały się najmniejszą twardością. Dowodzi to, że im struktura badanej próbki była bardziej zwięzła, tym większe siły adhezyjne przeciwdziałały wysuwaniu trzpienia z próbki. Wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu mlecznego oraz inuliny adhezyjność wzrastała ($p \leq 0,05$).

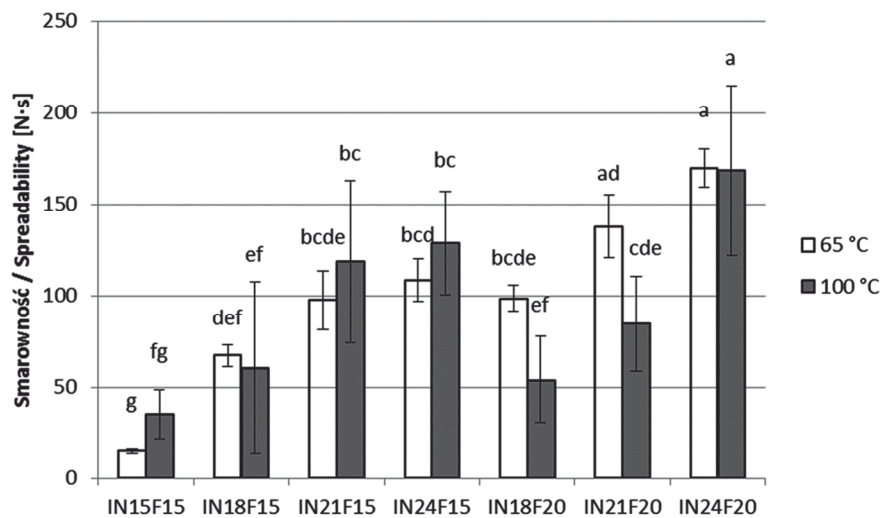


Objaśnienia: / Explanatory notes:

a - d – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$; 65 °C i 100 °C oznaczają temperatury ogrzewania roztworu inuliny / 65 °C and 100 °C refer to temperatures of heating inulin solution.

Rys. 1. Twardość emulsji składających się z tłuszczu mlecznego i inuliny.

Fig. 1. Hardness of emulsions consisting of anhydrous milk fat and inulin.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a - g – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$; 65 °C i 100 °C oznaczają temperatury ogrzewania roztworu inuliny / 65 °C and 100 °C refer to temperatures of heating inulin solution.

Rys. 2. Smarowność emulsji składających się z tłuszczu mlecznego i inuliny.

Fig. 2. Spreadability of emulsions consisting of anhydrous milk fat and inulin.

Wartości kohezyności badanych mieszanin zawierały się w przedziale 0,16 (IN18F20T100) ÷ 0,31 (IN15F15T65), wykazując spoistość zbliżoną do miksu tłuszczowego o całkowitej zawartości tłuszczu wynoszącej 55 %, z czego 37 % stanowił tłuszcz mleczny [17]. W badanych próbkach różnice kohezyności w większości przypadków były nieistotne ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Adhezyjność, kohezynność i lepkość pozorna emulsji BTM, inuliny i lecytyny.

Table 2. Adhesiveness, cohesiveness, and apparent viscosity of AMF, inulin, and lecithin emulsions.

Temperatura przygotowania roztworu inuliny Temperature of preparing inulin solution [°C]	Zawartość inuliny Inulin content [%]	Zawartość BTM [%] / Anhydrous milk fat content [%]					
		15			20		
		Adhezyjność Adhesiveness [N·s]	Kohezynność Cohesiveness [-]	Lepkość pozorna Apparent viscosity [Pa·s]	Adhezyjność Adhesiveness [N·s]	Kohezynność Cohesiveness [-]	Lepkość pozorna Apparent viscosity [Pa·s]
65	15	-305 ^a ± 70	0,31 ^a ± 0,04	44 ^f ± 18	n.o	n.o	n.o
	18	-901 ^{ab} ± 232	0,23 ^{ab} ± 0,04	234 ^d ± 58	-1426 ^b ± 362	0,26 ^{ab} ± 0,03	341 ^d ± 51
	21	-1313 ^b ± 534	0,26 ^{ab} ± 0,03	355 ^e ± 56	-1398 ^b ± 455	0,25 ^{ab} ± 0,06	455 ^b ± 91
	24	-1108 ^{ab} ± 326	0,25 ^{ab} ± 0,06	560 ^a ± 96	-1834 ^b ± 754	0,28 ^a ± 0,07	538 ^a ± 60
100	15	-1038 ^{ab} ± 702	0,27 ^a ± 0,10	142 ^e ± 143	n.o	n.o	n.o
	18	-896 ^{ab} ± 858	0,25 ^{ab} ± 0,05	114 ^e ± 99	-1092 ^{ab} ± 781	0,16 ^b ± 0,08	428 ^b ± 48
	21	-1742 ^b ± 308	0,24 ^{ab} ± 0,07	308 ^e ± 129	-1924 ^b ± 537	0,27 ^a ± 0,04	244 ^d ± 51
	24	-1743 ^b ± 250	0,24 ^{ab} ± 0,04	220 ^d ± 41	-3096 ^c ± 468	0,27 ^a ± 0,05	213 ^d ± 60

Objaśnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values and standard deviations, n=6; a - e – wartości średnie oznaczone różnymi literami dla tej samej cechy różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different letters as regards the same characteristic differ statistically significantly at $p \leq 0.05$; n.o. – oznacza, że dla takich stężeń nie otrzymano jednorodnych mieszanin / n.o. means that at those concentration values, no homogenous solutions were produced.

Badane emulsje charakteryzowały się właściwościami tiksotropowymi (dane niezamieszczone), co jest typowe dla substancji lepkosprężystych zawierających inulinę [12, 14]. Lepkość pozorna większości badanych emulsji była mniejsza w przypadku próbek sporządzonych z użyciem roztworów inuliny ogrzewanych do 100 °C (tab. 2).

Mogło to wynikać z bardziej jednorodnej struktury frakcji inulinowej. Lepkość pozorna wszystkich badanych emulsji miała wartości zbliżone do występujących na rynku tłuszczów do smarowania [17].

W tab. 3. przedstawiono cechy lepkoelastyczne badanych emulsji. Dominującą ich cechą (bez względu na skład próbek oraz temperaturę ogrzewania roztworu inuliny) była elastyczność ($G' \geq G''$). Największe wartości modułu zachowawczego (G') stwierdzono w przypadku emulsji o 20-procentowej zawartości tłuszczu, przygotowanej z użyciem roztworu inuliny ogrzewanego do 65 °C. Znaczne różnice pomiędzy modułem zachowawczym i stratności są typowe dla żeli [24, 26]. Bot i wsp. [3] zwrócili uwagę na podobieństwo pomiędzy tłuszczem a żelem inulinowym. Jednak w tłuszczach, takich jak masło struktura jest utrzymywana dzięki oddziaływaniu sił van der Waalsa [27], natomiast cząsteczki inuliny powiązane są ze sobą za pomocą wiązań wodorowych [1].

Tabela 3. Właściwości lepkoelastyczne emulsji złożonych z bezwodnego tłuszczu mlecznego (BTM), inuliny i lecytyny.

Table 3. Visco-elastic properties of emulsions composed of anhydrous milk fat (AMF), inulin, and lecithin.

Temperatura przygotowania roztworu inuliny Temperature of preparing inulin solution [°C]	Zawartość inuliny Inulin content [%]	Zawartość BTM AMF content [%]			
		15		20	
		G' [Pa]	G'' [Pa]	G' [Pa]	G'' [Pa]
65	15	1318 ^e ± 1447	300 ^e ± 315	n.o.	n.o.
	18	12506 ^{cde} ± 2805	2851 ^{cde} ± 527	22365 ^{bc} ± 1956	4837 ^{bc} ± 670
	21	23052 ^{bc} ± 2558	5182 ^{abc} ± 473	31236 ^{ab} ± 5767	7442 ^{ab} ± 1425
	24	19961 ^{bcd} ± 15788	4243 ^{cd} ± 3263	37718 ^a ± 9145	8151 ^a ± 1651
100	15	5351 ^{de} ± 7103	1121 ^{de} ± 1480	n.o.	n.o.
	18	6348 ^{de} ± 8793	1322 ^{de} ± 1791	25228 ^{bc} ± 2147	5572 ^{abc} ± 510
	21	24088 ^{bc} ± 15811	5581 ^{abc} ± 4004	12940 ^{cde} ± 5992	2402 ^{cde} ± 741
	24	18890 ^{bcd} ± 9474	3651 ^{cd} ± 1801	18183 ^{bcd} ± 4308	3039 ^{cde} ± 719

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations, n = 6; a - e – wartości średnie oznaczone różnymi literami dla tego samego modułu różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ mean values denoted by different letters for the same modulus differ statistically significantly at $p \leq 0.05$; n.o. – oznacza, że dla takich stężeń nie otrzymano jednorodnych mieszanin / n.o. means that at those concentration values, no homogenous solutions were produced.

Analiza wartości modułów pozwala na dostrzeżenie pewnych tendencji. W próbkach zawierających 20 % BTM oraz inulinę ogrzewaną do 65 °C nastąpił istotny ($p \leq 0,05$) przyrost wartości modułów wraz ze wzrostem stężenia inuliny. Takich statystycznych zależności nie stwierdzono w przypadku mniejszej zawartości tłuszczu (15 %). W przypadku emulsji zawierającej inulinę ogrzewaną do 100 °C rozrzut wyników świadczy o dużej przypadkowości w tworzeniu struktury. Ogrzewanie do 100 °C spowodowało całkowite rozpuszczenie inuliny [13], jednak obecność tłuszczu nie pozwoliła na wytworzenie jednorodnej struktury. Wyraźne tendencje tworzone przez próbki o zwiększonej zawartości tłuszczu z inuliną ogrzewaną do 65 °C, to prawdopodobnie efekt współtworzenia struktury przez fazę tłuszczową i kryształy inuliny. Otrzymane wyniki wskazują, że w przypadku całkowitego rozpuszczenia inuliny struktura emulsji bazowała głównie na tłuszczu.

Zastanawiające są bardzo duże odchylenia standardowe w analizowanym materiale. Dotychczasowe badania wskazują, że jest to typowe dla żeli inulinowych [4, 16] i wynika prawdopodobnie z charakteru połączeń pomiędzy poszczególnymi składnikami emulsji. W badanych emulsjach obecna jest zarówno inulina, jak i tłuszcz mleczny, czyli substancje zdolne do tworzenia kryształów [13]. Ułożenie kryształów w strukturze badanego materiału decyduje o jego właściwościach reologicznych i teksturalnych i może wpływać na ich duże zróżnicowanie [10, 12, 22]. Tak jest w przypadku właściwości teksturalnych masła oraz tłuszczu mlecznego, które są wynikiem istnienia trójwymiarowej sieci kryształów tłuszczu powiązanych z fazą ciągłą oleju [6]. Stosunek tłuszczu stałego do płynnego jest głównym czynnikiem determinującym konsystencję masła [22]. Warto jednocześnie podkreślić, że nawet próbki o podobnej zawartości tłuszczów stałych mogą charakteryzować się różną twardością [19]. Dzieje się tak dlatego, że siła z jaką połączone są w sieci kryształy tłuszczu uzależniona jest nie tylko od procentowej zawartości tłuszczów stałych, ale również od ich struktury polimorficznej oraz wielkości samych kryształów [6]. Wyraźnie większe odchylenia w przypadku emulsji otrzymanych z dodatkiem inuliny ogrzewanej w 100 °C wynikały prawdopodobnie z jej utrudnionego żelowania. Rozpuszczalność inuliny w temperaturze wrzenia sięga 35 g/100 g wody [18]. Po całkowitym rozpuszczeniu inulina nie jest w stanie wytworzyć struktury żelowej [13]. Ogrzewanie roztworu inuliny do 65 °C pozwala na jej niemal całkowite rozpuszczenie, jednak w takim roztworze pozostają mikroskopowych rozmiarów cząstki pełniące funkcję ziaren krystalizacyjnych [3, 16]. Dlatego po ostudzeniu tak sporządzony roztwór jest w stanie ulec przekształceniu w żel o smarowej konsystencji [10].

Wnioski

1. Cechy reologiczne i teksturalne badanych dyspersji wykazywały podobieństwo do komercyjnych tłuszczów do smarowania.

2. Właściwości teksturalne i reologiczne emulsji składających się z inuliny, bezwodnego tłuszczu mlecznego i lecytyny, zależały od temperatury ogrzewania roztworów inuliny.
3. Duży rozrzut wartości badanych cech w przypadku emulsji otrzymanych z udziałem roztworu inuliny ogrzewanego do 100 °C dowodzi, że nie należy jej zalecać przy otrzymywaniu tego typu emulsji.
4. Emulsje wytworzone z udziałem roztworów ogrzewanych do temperatury 65 °C charakteryzowały się mniej zróżnicowanymi właściwościami, zarówno teksturalnymi, jak i reologicznymi.
5. Wzrost zawartości inuliny oraz tłuszczu mlecznego w układzie powodował wzrost twardości i zmniejszenie smarowności emulsji.

Literatura

- [1] Andre I., Mazeau K., Tvaroska I., Putaux J.L., Winter W.T., Taravel F.R., Chanzy H.: Molecular and crystal structures of inulin from electron diffraction data. *Macromolecules*, 1996, **29**, 4626-4635.
- [2] Bonczar G., Wszolek M., Siuta A.: The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. *Food Chem.*, 2002, **79**, 85-91.
- [3] Bot A., Erle U., Vreeker R., Agterof W.: Influence of crystallisation conditions on the large deformation rheology of inulin gels. *Food Hydrocoll.*, 2004, **18**, 547-556.
- [4] Chiavaro E., Vittadini E., Corradini C.: Physicochemical characterization and stability of inulin gels. *Eur. Food Res. Technol.*, 2007, **225**, 85-94.
- [5] Cieślak E., Gębusia A.: Żywność funkcjonalna z dodatkiem fruktanów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **2 (75)**, 27-37.
- [6] de Man J.M., Beers A.M.: Review: Fat crystal networks: Structure and rheological properties. *J. Texture Studies*, 1987, **18**, 303-318.
- [7] Florowska A., Budyta A., Krygier K.: Powstawanie i właściwości żeli inulinowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **3 (40)** Supl., 56-67.
- [8] Frank A.: Technological functionality of inulin and oligofructose. *Br. J. Nutr.*, 2002, **87**, Suppl. 2, S287-S291.
- [9] Glibowski P.: Wpływ olejów roślinnych na teksturę bezwodnego tłuszczu mlecznego, *Acta Agrophysica*, 2007, **9 (3)**, 603-612.
- [10] Glibowski P.: Effect of thermal and mechanical factors on rheological properties of high performance inulin gels and spreads. *J. Food Eng.*, 2010, 106-113.
- [11] Glibowski P., Kordowska-Wiater M., Glibowska A.: Effect of storage on texture and microbiological stability of oil-in-water emulsions with inulin. *Czech J. Food Sci.*, 2011, **29**, 2, 137-144.
- [12] Glibowski P., Kulik A., Masternak A.: Wpływ temperatury ogrzewania na właściwości reologiczne żeli inulinowych. *Polimery*, 2012, **57**, 2, 111-116.
- [13] Glibowski P., Pikus S.: Amorphous and crystal inulin behavior in a water environment. *Carbohydrate Polymers*, 2011, **83**, 635-639.
- [14] Glibowski P.: Rheological properties and structure of inulin – whey protein gels. *Int. Dairy J.*, 2009, **19**, 443-449.
- [15] Glibowski P., Gałązka A.: Effect of shear forces on textural properties of inulin gels. *Acta Agrophysica*, 2009, **13 (1)**, 67-76.
- [16] Glibowski P., Wasko A.: Effect of thermochemical treatment on the structure of inulin and its gelling properties. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2008, **43**, 2075-2082.

- [17] Glibowski P., Zarzycki P., Krzepkowska M.: The rheological and instrumental textural properties of selected table fats. *Int. J. Food Properties*, 2008, **11** (3), 678-686.
- [18] Kim Y., Faqih M.N., Wang S.S.: Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydrate Polymers.*, 2001, **46**, 135-145.
- [19] Laia O.M., Ghazalia H.M., France Cho, Chong C.L.: Physical and textural properties of an experimental table margarine prepared from lipase-catalysed transesterified palm stearin: palm kernel olein mixture during storage. *Food Chem.*, 2000, **71**, 173-179.
- [20] Ninness K.R.: Inuline and oligofructose: what are they? *J. Nutrition*, 1999, **129** (7S), 1402S-1406S.
- [21] Roberfroid M.B., van Loo J.A.E., Gibson G.R.: The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *J. Nutrition*, 1998, **128**, 11-19.
- [22] Rohm H., Strobl M., Jaros D.: Butter colour affects sensory perception of spreadability. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A. Food Res. Technol.*, 1997, **205**, 108-110.
- [23] Schneeman B.O.: Fiber, inulin and oligofructose: similarities and differences. *J. Nutrition*, 1999, **129**, 1424S-1427S.
- [24] Steffe J.F.: *Rheological Methods in Food Process Engineering*, II ed. Freeman Press, USA, 1996.
- [25] Swenson B.J., Wendorff W.L., Lindsay R.C.: Effects of ingredients on the functionality of fat free process cheese spreads. *J. Food Sci.*, 2000, **65** (5), 822-825.
- [26] Tomczyńska-Mleko M.: Structure and rheology of aerated whey protein isolate gels obtained at different pH. *J. Food Nutr. Res.*, 2013, **52** (1), 61-70.
- [27] Wright A.J., Scanlon M.G., Hartel R.W., Marangoni A. G.: Rheological properties of milk fat and butter. *J. Food Sci.*, 2001, **66**, 1056-1071.

TEXTURAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MIXTURES OF INULIN AND MILK FAT STABILIZED BY LECITHIN

S u m m a r y

The objective of the research study was to compare the textural and rheological properties of emulsions produced on the basis of milk fat (15, 20 %), inulin (15, 18, 21, 24 %), and soya lecithin (2 %). The emulsions were prepared by making inulin suspensions in water, heating them to a temperature of 65 or 100 °C, and by mixing them with anhydrous milk fat of a temperature of 70 °C fat, and with lecithin. Next, the mixtures were homogenized and the finished emulsions were stored at a temperature of 5 °C for 24 hours. After that time, rheological and textural properties were determined.

Both the textural (hardness, adhesiveness, cohesiveness, and spreadability) and rheological properties (apparent viscosity, G' and G'' moduli) of the emulsions produced depended, to a significant degree, on the temperature of heating the inulin suspension. The analyzed properties of the mixtures prepared with the use of inulin suspensions heated to a temperature of 65 °C were characterized by a significantly lower standard deviation compared to those heated to a temperature of 100 °C. A probable reason thereof was that inulin lost its crystallization ability when it was wholly dissolved at 100 °C. The presence of milk fat did not catalyse the crystallization of inulin. At a lower temperature, it was possible for a homogenous emulsion to form. It was confirmed that the increase in the concentration of inulin and milk fat caused the hardness of emulsion to increase and its spreadability to decrease. Furthermore, it was found that in order to obtain the emulsion showing foreseeable textural and rheological properties, it was necessary to apply temperatures allowing the crystallisation of inulin.

Key words: inulin, milk fat, emulsions, spreadability, textural properties, rheological properties ☒

ELŻBIETA KLEWICKA, KATARZYNA ŚLIŻEWSKA, ADRIANA NOWAK

OCENA PRZEŻYWALNOŚCI BAKTERII *LACTOBACILLUS* ZAWARTYCH W PREPARACIE PROBIOTYCZNYM PODCZAS PASAŻU W SYMULOWANYM PRZEWODZIE POKARMOWYM

Streszczenie

Celem pracy było określenie przeżywalności bakterii z rodzaju *Lactobacillus* wchodzących w skład preparatu probiotycznego w symulowanym modelu układu pokarmowego człowieka. Wykazano stosunkowo małą przeżywalność bakterii w próbie kontrolnej, którą stanowił bufor PBS. Warunki panujące w symulowanym przewodzie pokarmowym wpłynęły na obniżenie w tej próbie liczby bakterii, wyrażonej logarytmicznie, z 8,18 do 6,20. Znacznie większą przeżywalnością charakteryzowały się bakterie wprowadzone do układu wraz z matrycami żywieniowymi (Nutramigenem, nieklarowanym sokiem owocowo-warzywnym, kleikiem ryżowym) stwarzającymi warunki ochronne dla bakterii. Liczba bakterii po zastosowaniu matryc utrzymywała się na poziomie $7,50 \div 9,00$ jednostek logarytmicznych. Pomimo że liczba bakterii w układzie uległa zmniejszeniu na skutek działania niskiego pH soku żołądkowego i soli kwasów żółciowych, symulowany pasaż jelitowy stwarzał bardzo dobre warunki do namnażania bakterii. Liczba żywych komórek, po ich dotarciu do jelita grubego, przewyższała liczbę bakterii w punkcie wyjściowym. W doświadczeniu z Nutramigenem liczba bakterii zwiększyła się z 8,82 do 9,11 jednostek logarytmicznych, a z sokiem jabłkowo-marchwiowym – z 8,46 do 8,86. Kleik ryżowy znacznie słabiej ochraniał bakterie z rodzaju *Lactobacillus*, dlatego też w tym układzie doświadczalnym stwierdzono zmniejszenie początkowej liczby komórek z 7,85 do końcowej – 7,48.

Słowa kluczowe: probiotyki, przeżywalność, symulowany przewód pokarmowy, matryce żywieniowe

Wprowadzenie

Probiotyki, według definicji FAO/WHO, są to żywe mikroorganizmy, które po spożyciu w odpowiedniej ilości przynoszą korzyści zdrowotne gospodarzowi [3]. Zmienne warunki panujące w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego determinują liczbę i rodzaj drobnoustrojów obecnych w tym środowisku. Przeżywal-

Dr hab. inż. E. Klewicka, dr inż. K. Śliżewska, dr A. Nowak, Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź.

Kontakt: elzbieta.klewicka@p.lodz.pl

ność bakterii probiotycznych, wprowadzonych z pożywieniem, w górnej części przewodu pokarmowego człowieka zależy od kwasowości soku żołądkowego (pożądana jest niska kwasowość), obecności soli kwasów żółciowych i enzymów trzustkowych, które stanowią kolejną barierę dla przetrwania mikroorganizmów [16]. Uważano, że duży wpływ na przeżywalność bakterii w przewodzie pokarmowym wywierają enzymy trawienne, głównie proteolityczne. Enzymy te należą do grupy hydrolaz. Są odpowiedzialne za rozkład makrocząsteczek (białek i peptydów) do podstawowych jednostek strukturalnych (aminokwasów), które następnie mogą być wchłaniane w jelicie cienkim. Jest to jeden z czynników wpływających na mikroorganizmy zasiedlające przewód pokarmowy. Należy jednak zauważyć, że bakterie fermentacji mlekowej wytwarzają własne enzymy proteolityczne. Rodzaj enzymów i ich aktywność zależy od przynależności rodzajowej i gatunkowej. Zatem można wykluczyć, że enzymy proteolityczne przewodu pokarmowego wywierają destrukcyjny wpływ na przeżywalność bakterii mlekowych i są istotnym czynnikiem redukcji liczby bakterii probiotycznych w przewodzie pokarmowym człowieka [19]. Najbardziej istotnym parametrem jest wartość pH, która zmienia się w zależności od odcinka układu pokarmowego. Najniższe pH (około $1,0 \div 2,0$) występuje w pustym żołądku. Po spożyciu pokarmów wartość ta wzrasta do pH $3,0 \div 4,0$. Na tym etapie bakterie są najbardziej narażone na działanie soku żołądkowego. Na przeżywalność bakterii wpływ ma także czas, w którym posiłek jest w żołądku [16]. Szacuje się, że czas ten może się wahać od 2 do 4 h [6, 13, 16]. Jest on krótszy dla pokarmów płynnych, natomiast dłuższy w przypadku posiłków o konsystencji stałej [16]. Posiłki bogate w tłuszcze i białka mogą opóźniać opróżnianie żołądka [13]. Czas tranzytu pokarmu przez jelito cienkie wynosi $1 \div 4$ h [16]. Zatem całkowity czas przejścia pokarmu w górnym odcinku przewodu pokarmowego jest równy $3 \div 8$ h. Tak długi okres może znacząco wpływać na przeżywalność bakterii w przewodzie pokarmowym. Bakterie mlekowe wykazują zróżnicowaną wrażliwość na kwaśne środowisko, a różnice te obserwuje się nie tylko między gatunkami, ale również między szczepami w obrębie gatunku [12]. Drugą barierę przeżywalności bakterii fermentacji mlekowej w przewodzie pokarmowym stanowią kwasy żółciowe produkowane w wątrobie z cholesterolu i wydzielane do dwunastnicy. Stężenie żółci w organizmie człowieka wynosi $0,3 \div 0,5$ % [15, 22]. Żółć wydzielana do przewodu pokarmowego pełni ważną rolę w emulgowaniu lipidów [3]. Ma zdolność wpływania na fosfolipidy i białka błon komórkowych i zakłócania w ten sposób homeostazy komórkowej mikroorganizmów. W związku z tym zdolność bakterii mlekowych do tolerowania żółci może być istotna do ich przetrwania podczas pasażu przez przewód pokarmowy, a następnie do jego kolonizacji [3]. Większość badań nad przeżywalnością szczepów bakterii fermentacji mlekowej w niskim pH lub w obecności soli żółciowych jest przeprowadzana w osobnych doświadczeniach. Badanie przeżywalności bakterii w warunkach niskiego pH i w obecności soli żółci w jednym modelu pozwala na wy-

kluczenie szczepów, które przeżywają w warunkach niskiego pH, ale sole żółci stanowią dla nich barierę nie do pokonania [17]. Taki model przewodu pokarmowego opracowali Sumeri i wsp. [20].

Na podstawie badań nad przeżywalnością bakterii probiotycznych w przewodzie pokarmowym człowieka stwierdzono, że toksyczne działanie żółci może być złagodzone częściowo w obecności węglowodanów [7]. Bakterie probiotyczne powinny być zatem selekcjonowane w taki sposób, aby wykazywały jak największą oporność na te dwa czynniki przewodu pokarmowego. Przeżywalność może zależeć również od postaci, w jakiej podawane są probiotyki, np. jako preparaty liofilizowane, produkty fermentowane, przyjmowane wraz z matrycą żywnościową lub bez niej [8]. Zauważono, że wyższe pH i zawartość tłuszczu w stałej matrycy, np. sera, może chronić bakterie skuteczniej niż płyn środowiska podczas tranzytu przez przewód pokarmowy [1].

Celem badań było określenie przeżywalności bakterii z rodzaju *Lactobacillus* wchodzących w skład preparatu probiotycznego w modelu integrującym warunki niskiego pH i obecność soli kwasów żółciowych, symulującym układ pokarmowy człowieka.

Material i metody badań

Materiałem biologicznym pracy był preparat probiotyczny. Preparat zawierał $1 \cdot 10^9$ liofilizowanych bakterii kwasu mlekowego w następujących proporcjach: 50 % *Lactobacillus paracasei* LOCK 0919, 25 % *Lactobacillus casei* LOCK 0908, 25 % *Lactobacillus casei* LOCK 0900. Preparat nie zawierał białek mleka, laktozy i glutenu.

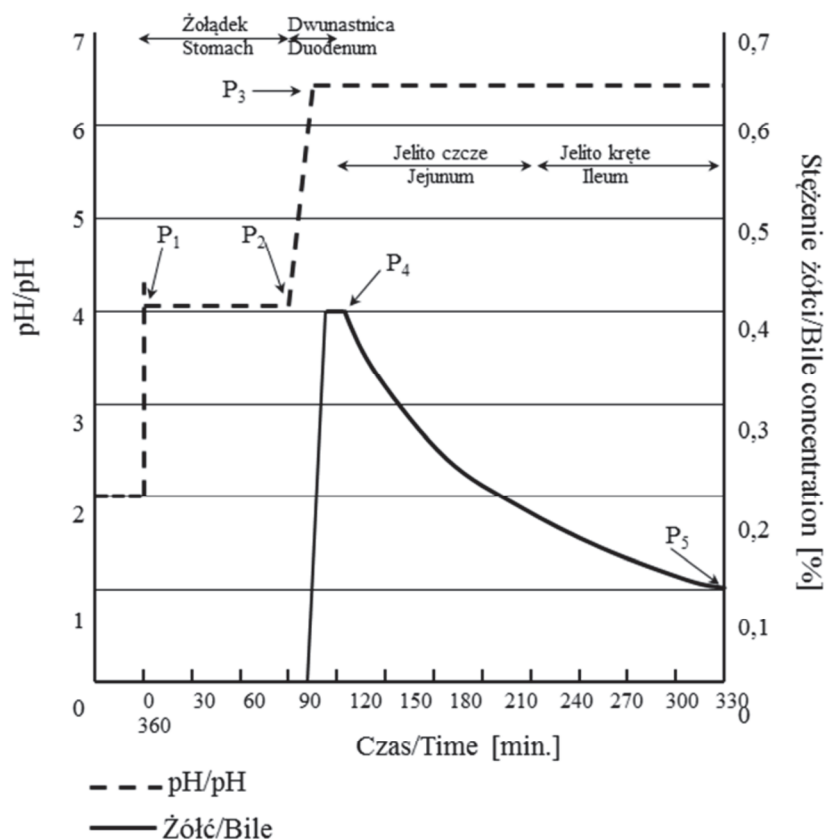
W badaniu użyto modelu układu pokarmowego bazującego na systemie jednego bioreaktora [20]. Model ten odtwarza przejście bakterii przez środowisko niskiego pH soku żołądkowego, a następnie kontakt z solami kwasów żółciowych, czyli tworzy warunki panujące w przewodzie pokarmowym. Ponadto układ umożliwia określenie kinetyki wzrostu bakterii w zależności od stosowanej matrycy żywnościowej. Układ eksperymentalny stanowił fermentor o pojemności 1 l, o możliwości kontrolowania przepływu NaHCO_3 , żółci oraz medium do rozcieńczania żółci. Temperatura całego układu utrzymywana była na poziomie 37 °C.

W pracy zastosowano 4 nośniki: bufor PBS (próba kontrolna) (Sigma, pH 7,4), preparat mlekozastępczy Nutramigen, nieklarowany sok jabłkowo-marchwiowy Bobo Frut i kleik ryżowy BoboVita. Preparat Nutramigen stosowany jest w alergii na białko mleka krowiego, np. przy atopowym zapaleniu skóry (AZS) czy nietolerancji laktozy. Nutramigen jest preparatem bardzo bogatym w substancje odżywcze. Zawiera oleje roślinne, hydrolizat kazeiny, składniki mineralne oraz witaminy. Składniki te pełnią odżywcze i ochronne funkcje w stosunku do bakterii. Tłuszcze zawarte w preparacie, otaczając komórki bakterii, mogą je skutecznie chronić przed ekstremalnymi warunkami środowiska. Dodatkowo obecne w preparacie witaminy, wolne aminokwasy oraz

inne substancje stanowią doskonałe źródło niezbędnych dla tych bakterii składników odżywczych. Bakterie mlekowe wymagają bowiem obecności w środowisku substancji, których nie są w stanie same syntetyzować [10]. Sok Bobo Frut został wybrany z grupy produktów o dużej zawartości błonnika (deklaracja producenta – 2,1 g błonnika/300 ml). Błonnik może chronić komórki bakterii probiotycznych w czasie tranzytu przez przewód pokarmowy, a tym samym zwiększać ich przeżywalność [9, 18]. Sugeruje się, że błonnik może chronić komórki probiotyczne przez mechanizm, który polega na ich fizycznym unieruchomieniu na włóknach błonnika [14]. Niektóre składniki błonnika mogą również chronić szczepy probiotyczne w czasie liofilizacji i przechowywania [5]. Z kolei kleik ryżowy należy do grupy produktów skrobiowych. Uważa się, że skrobia ryżowa jest najłatwiej przyswajalną przez organizm skrobią oraz wykazuje działania prebiotyczne. Skrobia zbudowana jest w głównej mierze z cząsteczek amylozy i amylopektyny. Drugorzędnymi składnikami są lipidy i białka, które znajdują się na powierzchni lub wewnątrz ziarenek skrobi [21].

Bakterie do układu wprowadzano przez zawieszenie w odpowiedniej matrycy saşetki preparatu zawierającej 10^9 komórek bakterii. W próbie kontrolnej bakterie zostały wprowadzone do układu w buforze PBS.

Na początku eksperymentu do fermentora wprowadzano 50 ml 0,008-procentowego HCl o pH = 2,0, symulującego pusty żołądek. W następnej kolejności podawano 100 ml odpowiedniego noşnika, zawierającego bakterie badanego preparatu probiotycznego. Regulowano pH do wartości 4,0 za pomocą 5-procentowego HCl lub 5-procentowego NaOH i określano liczbę bakterii (P_1). Cały układ inkubowano przez 90 min, a następnie po raz kolejny określano liczbę bakterii (P_2). Odczyn układu neutralizowano do pH = 6,5 przez wprowadzanie 1M NaHCO_3 z prędkością $1 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$ w ciągu 8 - 12 min, w celu symulowania przejşcia treści żołądkowej do dwunastnicy, a następnie określano liczbę bakterii mlekowych (P_3). Kolejnym etapem było dodanie 4-procentowego roztworu żółci (Bile bovine, Fluka) z prędkością $1,7 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$ w ciągu 10 min w celu uzyskania 0,4-procentowego stężenia żółci w całym układzie. Pobierano próbę i określano liczbę bakterii mlekowych (P_4). W celu symulowania absorpcji żółci w jelicie rozpoczynano rozcieńczanie układu doşwiadczonego (do 0,1-procentowego stężenia żółci w układzie) przez wprowadzanie 500 ml medium do rozcieńczania żółci o składzie [g/l]: glukoza 5,0, peptobak 2,5, ekstrakt drożdżowy 1,25, K_2HPO_4 1,0 oraz 0,5 ml Tween 80, z prędkością $2 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$ w ciągu 250 min. Medium stwarza bardzo dobre warunki odżywcze dla bakterii mlekowych. Po 6 h trwania doşwiadczenia określano liczbę bakterii mlekowych i oznaczano pH układu w punkcie P_5 (rys. 1). Liczbę bakterii mlekowych w punktach P_1 - P_5 określano metodą płytkową Kocha. Wyniki przedstawiono w jtk/ml lub w jednostkach logarytmicznych (LU).



Rys. 1. Model symulacji warunków panujących w układzie pokarmowym człowieka.

Fig. 1. Model of simulating conditions in human digestive tract.

Wyniki i dyskusja

Wyniki kinetyki wzrostu bakterii z rodzaju *Lactobacillus* w kolejnych punktach pomiarowych w próbie kontrolnej przedstawiono w tab. 1. Bufor PBS ma za zadanie utrzymanie wartości pH na stałym poziomie, jednak bakterie narażone są bezpośrednio na działanie czynników zewnętrznych. W punkcie P₁, na początku inkubacji, liczba bakterii wyrażona w jednostkach logarytmicznych wynosiła 8,18. Po 90 min inkubacji w warunkach doświadczalnych (temp. 37 °C, pH 4,0) liczba bakterii zmniejszyła się do 6,59. Po podwyższeniu odczynu do pH = 6,5, w punkcie P₃, liczba bakterii wynosiła 6,40 jednostek logarytmicznych. W punkcie pomiarowym P₄, w którym bakterie narażone były na kontakt z żółcią, liczba bakterii wyrażona w jednostkach logarytmicznych zredukowała się do 5,08. Dalsze 240 min inkubacji umożliwiło wzrost bakterii w symulowanym pasażu jelitowym. W końcowym punkcie inkubacji, po rozcieńczeniu

układu do 0,1-procentowego stężenia żółci, zaobserwowano podwyższenie liczby żywych bakterii w układzie do 6,20 jednostek logarytmicznych.

Tabela 1. Liczba bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, wchodzących w skład preparatu probiotycznego, w symulowanym przewodzie pokarmowym w buforze PBS.

Table 1. Number of bacteria of *Lactobacillus* genus in probiotic preparation, in simulated gastrointestinal tract in PBS buffer.

Punkt pomiarowy Testing point	Czas inkubacji Time of incubation [min]	pH	Liczba bakterii N (po uwzględnieniu rozcieńczenia układu) Number of N bacteria (with system dilution taken into consideration) [jtk/ml] / [CFU/ml]	$\log_{10}(N) \pm s$ $\log_{10}(N) \pm SD$
P ₁	0	4,00	$1,5 \times 10^8$	$8,18 \pm 0,21$
P ₂	90	4,00	$3,9 \times 10^6$	$6,59 \pm 0,08$
P ₃	100	6,50	$2,5 \times 10^6$	$6,40 \pm 0,04$
P ₄	110	6,50	$1,2 \times 10^5$	$5,08 \pm 0,42$
P ₅	360	6,50	$1,6 \times 10^6$	$6,20 \pm 0,13$

Objaśnienia: Explanatory notes:

s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; n = 3.

Tabela 2. Liczba bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, wchodzących w skład preparatu probiotycznego, w symulowanym przewodzie pokarmowym w obecności Nutramigenu.

Table 2. Number of bacteria of *Lactobacillus* genus in probiotic preparation, in simulated gastrointestinal tract in presence of Nutramigen.

Punkt pomiarowy Testing point	Czas inkubacji Time of incubation time [min]	pH	Liczba bakterii N (po uwzględnieniu rozcieńczenia układu) Number of N bacteria (with system dilution taken into consideration) [jtk/ml] / [CFU/ml]	$\log_{10}(N) \pm s$ $\log_{10}(N) \pm SD$
P ₁	0	4,00	$6,6 \times 10^8$	$8,82 \pm 0,17$
P ₂	90	4,00	$1,2 \times 10^9$	$9,08 \pm 0,09$
P ₃	100	6,50	$1,2 \times 10^9$	$9,08 \pm 0,19$
P ₄	110	6,50	$8,9 \times 10^8$	$8,95 \pm 0,09$
P ₅	360	6,50	$1,3 \times 10^9$	$9,11 \pm 0,11$

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

Wyniki przyrostu liczby bakterii z rodzaju *Lactobacillus* z zastosowaniem preparatu Nutramigen przedstawiono w tab. 2. Na początku inkubacji, po dodaniu nośnika

wraz z bakteriami do układu i ustaleniu pH na poziomie 4,0, liczba bakterii wyrażona logarytmicznie wynosiła 8,82. Po 90 min inkubacji w temp. 37 °C i pH = 4,0 liczba bakterii wyrażona w jednostkach logarytmicznych nieznacznie wzrosła do 9,08. W punkcie P₃ po zobojętnieniu układu do pH = 6,5 liczba żywych bakterii utrzymała się na tym samym poziomie. Po dodaniu do układu 4-procentowego roztworu żółci liczba bakterii z rodzaju *Lactobacillus* zmniejszyła się do 8,95 jednostek logarytmicznych i tym samym zbliżyła się do poziomu wyjściowego. Po czterogodzinnym pasażu jelitowym i rozcieńczeniu układu do 0,1-procentowego stężenia żółci, po 6 h stwierdzono przyrost liczby bakterii do wartości 9,11 jednostek logarytmicznych. Nutramigen zapewnił zatem bardzo dobre warunki ochrony, wzrostu i namnażania się bakterii mlekowych w przewodzie pokarmowym człowieka.

Tabela 3. Liczba bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, wchodzących w skład preparatu probiotycznego, w symulowanym przewodzie pokarmowym w obecności soku owocowo-warzywnego Bobo Frut.

Table 3. Number of bacteria of *Lactobacillus* genus in probiotic preparation, in simulated gastrointestinal tract in presence of 'Bobo Frut' fruit-vegetable juice.

Punkt pomiarowy Testing point	Czas inkubacji Time of incubation [min]	pH	Liczba bakterii N (po uwzględnieniu rozcieńczenia układu) Number of N bacteria (with system dilution taken into consideration) [jtk/ml] / [CFU/ml]	$\log_{10}(N) \pm s$ $\log_{10}(N) \pm SD$
P ₁	0	4,00	$2,9 \times 10^8$	$8,46 \pm 0,21$
P ₂	90	4,00	$7,2 \times 10^8$	$8,86 \pm 0,18$
P ₃	100	6,50	$6,2 \times 10^8$	$8,79 \pm 0,23$
P ₄	110	6,50	$1,9 \times 10^8$	$8,28 \pm 0,48$
P ₅	360	6,50	$7,3 \times 10^8$	$8,86 \pm 0,31$

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

Drugą badaną matrycą żywieniową był sok jabłkowo-marchwiowy Bobo Frut. Wyniki przedstawiające liczbę bakterii z rodzaju *Lactobacillus* w wybranych punktach pomiarowych, z zastosowaniem soku Bobo Frut przedstawiono w tab. 3. Po wprowadzeniu soku Bobo Frut wraz z bakteriami probiotycznymi do układu, na początku inkubacji liczba bakterii wyrażona w jednostkach logarytmicznych wynosiła 8,46. Po 90 min inkubacji w warunkach pH = 4,0 zaobserwowano niewielki wzrost liczby bakterii – do 8,86. Po zobojętnieniu układu do pH = 6,5 liczba bakterii w jednostkach logarytmicznych utrzymywała się na tym samym poziomie i wynosiła 8,79. W punkcie pomiarowym P₄, po dodaniu do układu 4-procentowego roztworu żółci wołowej, loga-

rytmiczna liczba bakterii obniżyła się do 8,28. W momencie końcowym badania, po 6 h inkubacji i rozcieńczeniu żółci do 0,1 % w całym układzie, liczba badanych szczepów bakterii wzrosła i wynosiła 8,86 jednostek logarytmicznych. Sok owocowo-warzywny okazał się dobrym nośnikiem bakterii probiotycznych. Podczas tranzytu przez przewód pokarmowy liczba bakterii nie obniżyła się bowiem, a końcowa liczba przewyższała wartość początkową. W sokach znajduje się wiele substancji mających działanie ochronne w stosunku do drobnoustrojów. Do najważniejszych należą: błonnik, białka i polifenole [7, 14].

Owoce, warzywa, zboża i rośliny strączkowe są produktami, które są najbogatsze w te składniki. Soki owocowo-warzywne dodatkowo wykazują działanie buforujące, stąd też zastosowanie tych produktów może zwiększyć przeżycie bakterii probiotycznych w czasie pasażu przez przewód pokarmowy.

W kolejnym etapie pracy zbadano przeżywalność bakterii w symulowanym przewodzie pokarmowym z wykorzystaniem jako matrycy kleiku ryżowego BoboVita. Rezultaty badania kinetyki przeżywalności w symulowanym przewodzie pokarmowym bakterii wchodzących w skład preparatu probiotycznego z wykorzystaniem kleiku ryżowego BoboVita jako nośnika przedstawiono w tab. 4. Po wprowadzeniu do układu doświadczalnego bakterii zawartych w preparacie wraz z matrycą żywieniową liczba żywych bakterii wyrażonych w jednostkach logarytmicznych wynosiła 7,85. Po 90 min inkubacji w środowisku o pH = 4,0 liczba bakterii zmniejszyła się do 7,72. Podwyższenie pH do wartości 6,5 spowodowało kolejne zmniejszenie liczby żywych bakterii do 7,57 jednostek logarytmicznych. Najdrastyczniej na przeżywalność bakterii w układzie wpłynął kontakt z solami żółci. Po wprowadzeniu do układu żółci, tak że jej stężenie wynosiło 0,4 %, liczba bakterii została zredukowana do 6,52. Po rozcieńczeniu układu do 0,1-procentowego stężenia żółci i po 4 h pasażu jelitowego, stwarzającego dobre warunki odżywcze dla bakterii mlekowych, liczba bakterii z rodzaju *Lactobacillus* wzrosła do 7,48 jednostek logarytmicznych.

Na podstawie uzyskanych wartości można byłoby przypuszczać, że w kleiku ryżowym bakterie nie są wystarczająco chronione przed działaniem czynników zewnętrznych i ich przeżywalność jest mniejsza niż przy zastosowaniu dwóch poprzednich matryc żywieniowych. Zauważono jednak, że skrobia obecna w produkcie powoduje sklejanie się komórek bakterii i tworzenie przez nie skupisk. W związku z tym nie jest możliwe miarodajne określenie przeżywalności bakterii w tym nośniku metodą płytową oraz zbadanie stopnia, w jakim chroni on drobnoustroje przed działaniem niskiego pH i żółci. W punkcie końcowym doświadczenia liczba bakterii wprowadzonych do układu wraz z kleikiem ryżowym była wyższa niż w próbie kontrolnej, zatem można przypuszczać, że komórki bakterii wnikają pomiędzy ziarenka skrobi i w ten sposób chronione są przed drastycznymi dla nich warunkami.

Tabela 4. Liczba bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, wchodzących w skład preparatu probiotycznego, w symulowanym przewodzie pokarmowym w obecności kleiku ryżowego BoboVita.

Table 4. Number of bacteria of *Lactobacillus* genus in probiotic preparation, in simulated gastrointestinal tract in presence of 'Bobo Vita' rice gruel.

Punkt pomiarowy Testing point	Czas inkubacji Time of incubation [min]	pH	Liczba bakterii N (po uwzględnieniu rozcieńczenia układu) Number of N bacteria (with system dilution taken into consideration) [jtk/ml] / [CFU/ml]	$\log_{10}(N) \pm s$ $\log_{10}(N) \pm SD$
P ₁	0	4,00	$7,0 \times 10^7$	$7,85 \pm 0,26$
P ₂	90	4,00	$5,3 \times 10^7$	$7,72 \pm 0,18$
P ₃	100	6,50	$3,7 \times 10^7$	$7,57 \pm 0,21$
P ₄	110	6,50	$3,3 \times 10^6$	$6,52 \pm 0,18$
P ₅	360	6,50	$3,0 \times 10^7$	$7,48 \pm 0,39$

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

Podsumowując można stwierdzić, że wprowadzenie szczepów probiotycznych zawartych w preparacie probiotycznym do organizmu człowieka wraz z matrycą żywieniową znacznie zwiększa przeżywalność bakterii. Istotnymi czynnikami w wyborze nośnika, oprócz wyżej wymienionych, jest jego pH i zdolność buforowa [4]. Podwyższenie wartości pH w żołądku wpływa na zwiększenie stabilności szczepów probiotycznych [4], pozwala im przetrwać w górnym odcinku przewodu pokarmowego i kolonizować powierzchnię jelita grubego [2]. Uważa się, że fermentowane produkty mleczne należą do grupy najlepszych matryc służących do dostarczenia probiotyków do organizmu człowieka [11]. Należy jednak pamiętać, że nie wszyscy mogą spożywać grupę produktów bazującą na fermentacji mlekowej i wówczas wskazane jest przyjmowanie preparatów probiotycznych wraz z pokarmem lub po posiłku. Z przebadanych w pracy matryc żywnościowych największą skutecznością ochrony bakterii preparatu probiotycznego wykazał się preparat Nutramigen. W związku z tym, że preparat ten jest dostępny jedynie w aptekach, dobrym rozwiązaniem dla dzieci i dorosłych (również z alergią pokarmową) jest podawanie preparatów probiotycznych w nieklarowanych sokach owocowo-warzywnych, które w wystarczającym stopniu chronią bakterie w przewodzie pokarmowym i gwarantują wysoką ich przeżywalność.

Przeprowadzone badania upoważniają do stwierdzenia, że bakterie z rodzaju *Lactobacillus* wchodzące w skład preparatu probiotycznego wykazywały dużą przeżywalność w symulowanym modelu przewodu pokarmowego człowieka. Utrzymanie wysokiej przeżywalności możliwe jest przez zastosowanie matrycy żywnościowej o odpowiednich dla bakterii właściwościach ochronnych. Równoczesne stosowanie

preparatu probiotycznego i odpowiedniego nośnika (prebiotyku) skutkuje działaniem synbiotycznym, a tym samym zwiększeniem korzyści zdrowotnych w przewodzie pokarmowym człowieka.

Wnioski

1. W celu zwiększenia przeżywalności bakterii probiotycznych w przewodzie pokarmowym zaleca się ich przyjmowanie wraz z pokarmem lub po posiłku. Nie zaleca się przyjmowania preparatów probiotycznych na „pusty żołądek”.
2. Spośród badanych matryc żywieniowych najlepsze warunki ochronne dla bakterii w preparacie probiotycznym stwarzał preparat Nutramigen. Wynika to z jego bogatego składu zawierającego m.in.: syrop glukozowy, oleje roślinne, hydrolizat kazeiny, składniki mineralne oraz witaminy.
3. Żywność zawierająca błonnik pokarmowy (np. soki owocowo-warzywne) jest dobrym nośnikiem żywieniowym bakterii probiotycznych.
4. Matryce żywieniowe stwarzają warunki ochronne w przewodzie pokarmowym człowieka dla bakterii probiotycznych.

Praca finansowana ze środków NCBiR w latach 2011-2014 jako projekt rozwojowy NR 12010110.

Literatura

- [1] Bergamini C.V., Hynes E.R., Quiberoni A., Suarez V.B., Zalazar C.A.: Probiotic bacteria as adjunct starters: influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinean cheese. *Food Res. Int.*, 2005, **38**, 597-604.
- [2] Brinques G.B., Ayub M.A.Z.: Effect of microencapsulation on survival of *Lactobacillus plantarum* in simulated gastrointestinal conditions, refrigeration, and yogurt. *J. Food Eng.*, 2011, **103**, 123-128.
- [3] Burns P., Vinderola G., Binetti A., Quiberoni A., de los Reyes-Gavilan C.G., Reinheimer J.: Bile-resistant derivatives obtained from non-intestinal dairy lactobacilli. *Int. Dairy J.*, 2008, **18**, 377-385.
- [4] Charalampopoulos D., Pandiella S.S., Webb C.: Evaluation of the effect of malt, wheat and barley extracts on the viability of potentially probiotic lactic acid bacteria under acidic conditions. *Int. J. Food Microbiol.*, 2003, **82**, 133-141.
- [5] Guergoletto K.B., Magnani M., Martin J.S., Tardeli de Jesus Andrade C.G., Garcia S.: Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) adhered to prebiotic vegetal fibers. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2010, **11**, 415-421.
- [6] Huang Y., Adams M.C.: *In vitro* assessment of the upper gastrointestinal tolerance of propionibacteria. *Int. J. Food Microbiol.*, 2004, **91**, 253-260.
- [7] Kimoto-Nira H., Suzuki C., Sasaki K., Kobayashi M., Mizumachi K.: Survival of a *Lactococcus lactis* strain varies with its carbohydrate preference under *in vitro* conditions simulated gastrointestinal tract. *Int. J. Food Microbiol.*, 2010, **143**, 226-229.
- [8] Klingberg T.D., Budde B.B. The survival and persistence in the human gastrointestinal tract of five potential probiotic lactobacilli consumed as freeze-dried cultures or as probiotic sausage. *Int. J. Food Microbiol.*, 2006, **109**, 157-159.

- [9] Kraszevska 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.
- [10] Kunicki-Goldfinger W.J.H.: Życie bakterii, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2005.
- [11] Libudzisz Z.: Probiotyki. Przegl. Piek. Cuk., 1999, **11**, 2-3.
- [12] Madureira A.R., Pereira C.I., Truszkowska K., Gomesa A.M., Pintadoa M.E., Malcataa F.X.: Survival of probiotic bacteria in a whey cheese vector submitted to environmental conditions prevailing in the gastrointestinal tract. Int. Dairy J., 2005, **15**, 921-927.
- [13] Neumann M., Goderska K., Grajek K., Grajek W.: Modele przewodu pokarmowego *in vitro* do badań nad biodostępnością składników odżywczych, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **1** (46), 30-45.
- [14] Nuallakul S., Charalampopoulos D.: Survival of *Lactobacillus plantarum* in model solutions and fruit juices. Int. J. Food Microbiol., 2011, **146**, 111-117.
- [15] Pan X., Chen F., Wu T., Tang H., Zhao Z.: The acid, bile tolerance and antimicrobial property of *Lactobacillus acidophilus* NIT. Food Control, 2009, **20**, 596-602.
- [16] Pitino I., Randazzo C.L., Mandalari G., Lo Curto A., Faulks R.M., Le Marc Y., Bisignano C., Caggia C., Wickham M.S.J.: Survival of *Lactobacillus rhamnosus* strains in the upper gastrointestinal tract. Food Microbiol., 2010, **27**, 1121-1127.
- [17] Prasad I., Harsharanjit G., Smart J., Gopal P.K.: Selection and characterization of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains for use as probiotics. Int. Dairy J., 1999, **18**, 377-385.
- [18] Saarela M., Mongensen G., Fondén R., Mättö J., Mattila-Sandholm T.: Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. J. Biotechnol., 2000, **84**, 197-215.
- [19] Savijoki K., Ingmer H., Varmanen P.: Proteolytic systems of lactic acid bacteria. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2006, **71**, 394-406.
- [20] Sumeri I., Arike L., Adamber K., Paalme T.: Single bioreactor gastrointestinal tract simulator for study of survival of probiotic bacteria. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2008, **80**, 317-324.
- [21] Vandeputte G.E., Delcours J.A.: From sucrose to starch granule to starch physical behavior a focus on rice starch. Carbohydr. Polymers, 2004, **58**, 245-266.
- [22] Vinderola C.G., Reinheimer J.A.: Lactic acid starter and probiotic bacteria: a comparative "in vitro" study of probiotic characteristics and biological barrier resistance. Food Res. Int., 2003, **36**, 895-904.

ASSESSING SURVIVAL OF *LACTOBACILLUS* BACTERIA CONTAINED IN PROBIOTIC PREPARATION DURING PASSAGE IN A SIMULATED GASTROINTESTINAL TRACT

S u m m a r y

The objective of the study was to determine the survival of bacteria of the *Lactobacillus* genus, included in a probiotic preparation, in a simulated model of the human digestive system. It was proved that those bacteria had a relatively low survival rate in the control sample, i.e. a PBS buffer. The conditions in the simulated gastrointestinal tract caused the logarithmically expressed number of bacteria to decrease from 8.18 to 6.20. The bacteria introduced into the system together with dietary matrices (Nutramigen, non-clarified fruit-vegetable juice, rice gruel) were characterized by a considerably higher survival rate since those matrices formed protective conditions for them. After the matrices were applied, the level of bacterial count maintained to be between 7.50 and 9.00 log units. Although the number of bacteria in the system decreased, what was the effect of low pH value of gastric juice and bile salts therein, the intestinal passage simulated produced very good conditions for bacterial growth. The number of viable cells that reached the light of the large intestine exceeded the count of bacteria at the starting point. In the experiment with

Nutramigen, the number of bacteria increased from 8.82 to 9.11 logarithmic units, whereas in the experiment with apple-carrot juice: from 8.46 to 8.86. The protection of *Lactobacillus* bacteria provided by the rice gruel was much weaker; therefore, it was found that in that experimental system, the initial number of bacteria of 7.85 decreased to the final number of 7.48.

Key words: probiotics, survival, simulated gastrointestinal tract, dietary matrices ☒

DARIUSZ KIKUT-LIGAJ

PROGNOZOWANIE SMAKU GORZKIEGO WYBRANYCH ALKALOIDÓW CHINOLIZYDYNOWYCH

Streszczenie

Percepcja smaku gorzkiego pełni szczególnie istotną rolę w identyfikacji cech jakościowych żywności. Rozróżniając akceptowalną kompozycję smakową od zbyt gorzkiej i potencjalnie toksycznej, konsument kieruje się wyłącznie intensywnością (natężeniem) odczuwania smaku gorzkiego. Zróżnicowanie natężenia gorzkich bodźców smakowych można szacować za pomocą analizy powtarzalności cech strukturalnych w zbiorze gorzkich ligandów. Skuteczną techniką badań intensywności odczuwania smaku gorzkiego są modele 3D farmakoforowe. W analizie interakcji smakowych serii małowcząsteczkowych ligandów należących do alkaloidów chinolizydynowych wykorzystano tzw. prosty model farmakoforowy (SPM, ang. *Simple Pharmacophore Model*). Model SPM umożliwił rozpoznanie dwóch podstawowych obszarów powinowactwa badanych alkaloidów: aromatyczno-hydrofobowego (AR/H) i akceptorowego (HBA₁). Ponadto rozpoznano zasadniczy dla intensywności smaku gorzkiego region atomu azotu N₁₂, wykazujący cechy donorowe (HBD), akceptorowe (HBA) i o dodatniej jonizacji (PI). Prognozowaną intensywność smaku gorzkiego (ISG_p) alkaloidów chinolizydynowych scharakteryzowano dwoma molekularnymi deskryptorami, takimi jak liczba obszarów pobudzających receptor (LPI, liczba punktowych interakcji) oraz liczba wpasowań liganda w hipotetyczny obszar receptorowy (LIS, liczba interaktywnych stymulacji). Wyznaczonych deskryptorów (LIS i LPI) użyto do sformułowania równania smakowego opisującego ilościowe zmiany prognozowanej intensywności smaku gorzkiego (ISG_p) badanej grupy alkaloidów. Prognozowane wartości ISG_p potwierdzono sensorycznymi wartościami intensywności smaku gorzkiego (ISG_s).

Słowa kluczowe: percepcja smaku gorzkiego, prognozowanie smaku gorzkiego, alkaloidy chinolizydynowe, prosty model farmakoforowy (SPM)

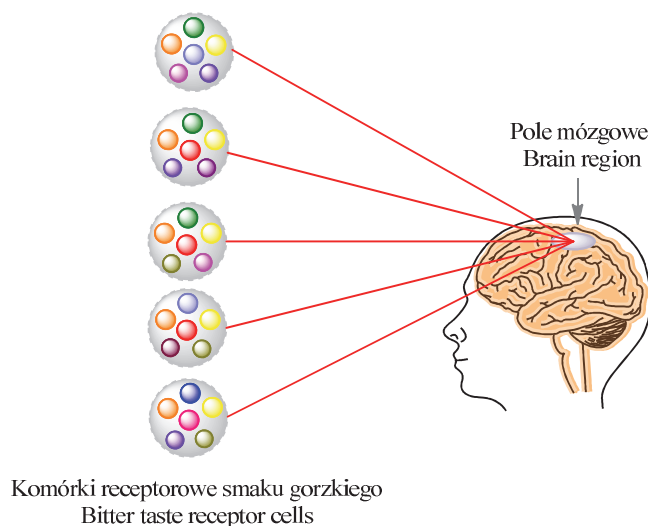
Wprowadzenie

Zmysł smaku pełni ważną funkcję w stymulacji organizmu człowieka do spożywania m.in. substancji goryczkowych, pełniących funkcje naturalnych antybiotyków

i metabolitów, elektrolitów utrzymujących homeostazę płynów, cukrów będących źródłem kalorii oraz aminokwasów odpowiedzialnych za procesy biosyntezy [33]. Zmysł ten jest bardzo złożony, a jego czułość uzależniona od zmian w środowisku naturalnym, procesów dziedziczenia zmysłów smaku, rodzaju dostępnego pokarmu, przynależności etnicznej, akceptacji i preferencji smakowych oraz innych cech osobniczych, takich jak: stan zdrowia, wiek oraz poziom świadomości społecznej [16, 32]. W procesie rozpoznania smakowego uczestniczy pięć podstawowych wyróżników smakowych: słodki, kwaśny, umami (smak L-aminokwasów wzmocniony przez rybonukleotydy), słony i gorzki.

Zasadniczą rolę smaku gorzkiego jest ochrona przed toksycznymi składnikami żywności [4] i zapewnienie niezbędnej ilości naturalnych bioaktywnych metabolitów oraz psycho- i neurostymulantów [4]. Zazwyczaj aprobowana bądź preferowana jest mała i umiarkowana gorycz w pożywieniu, unika się natomiast silnego jej natężenia [31]. Za rozpoznawanie smaku gorzkiego odpowiedzialna jest subpopulacja komórek chemosensorycznych w pełni oddzielona od komórek receptorowych odpowiedzialnych za detekcję innych bodźców smakowych. Komórki te cechują się ekspresją genów TAS2R (rodzina trans-błonowych białek receptorowych) [5, 9, 36]. Każda komórka jest zdolna do ekspresji informacji smakowej pochodzącej od wszystkich gorzkich ligandów pobudzających różne obszary receptorowe. Liczba genów TAS2R różni się znacznie wśród kręgowców: od 3 u kurczęcia do 49 u żaby [12]. Każdy gatunek ma od kilku do kilkudziesięciu gorzkich genów receptorowych umożliwiających wykrywanie setek, a nawet tysięcy gorzkich związków znajdujących się w naturze. Ludzki genom koduje około 30 funkcjonalnych TAS2Rs, które są glikoproteinami [22, 4] mającymi zdolność tworzenia homo- i heterooligomerów [4, 19]. W przybliżeniu połowa gorzkich związków rozpoznawana jest przez trzy rodzaje białek receptorowych: TAS2R10, TAS2R14 i TAS2R46 [7]. Impulsy ze wszystkich komórek receptorowych smaku gorzkiego (BTRCs, ang. *Bitter Taste Receptor Cells*) przekazywane są do tego samego pola w mózgu (rys. 1).

Powyższy mechanizm rozpoznawania smaku gorzkiego sprawia, że ludzie nie potrafią odróżniać poszczególnych substancji gorzkich, jak ma to miejsce w przypadku zapachu, a jedynie rozróżniają intensywność goryczy. Sygnały smakowe pochodzące od odmiennych strukturalnie gorzkich ligandów są uśredniane, co ma ogromne znaczenie w badaniach ilościowych i jakościowych smaku gorzkiego. Szczególnie istotna dla konsumentów jest intensywność smaku gorzkiego, ponieważ pozwala zaakceptować bądź odrzucić określony pokarm, a tym samym rozgraniczyć akceptowalną kompozycję smakową od potencjalnie toksycznej. W wielu produktach spożywczych, takich jak: herbata, piwo, wino, soki czy czekolada, charakterystyczna domieszka smaku gorzkiego jest pożądana, ponieważ zapewnia ich optymalne walory smakowe [16].



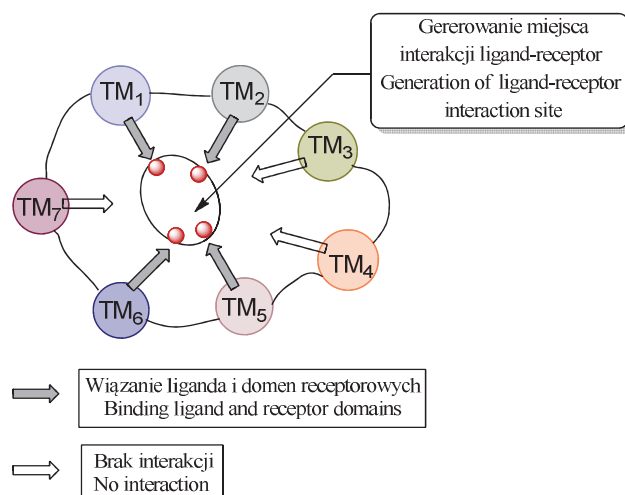
Rys. 1. Przekazywanie gorzkich sygnałów smakowych do mózgu.

Fig.1. Transmission of bitter taste signals to brain.

Prognozowanie procesów rozpoznawania smaku gorzkiego oraz przewidywanie gorzkiej aktywności smakowej wymaga użycia odpowiednich technik modelowania komputerowego. Poszukiwania nowych czynnych biologicznie molekuł prowadzone są za pomocą wirtualnego skринingu (VS, ang. *Virtual Screening*) [23]. Wśród metod VS można wyróżnić dwie rodziny metod skринingowych: bazującą na znanej strukturze receptora (SBVS i TBVS, ang. *Strukture-Based* i *Target-Based Virtual Screening*) oraz bazującą wyłącznie na strukturach ligandów danego receptora (LBVS, ang. *Ligand-Based Virtual Screening*) [23]. Podstawą technik stosowanych w wirtualnym skринingu jest analiza cech fizykochemicznych (sterycznych i elektronowych) ewentualnych ligandów. Informacja, jaką zawiera cząsteczka liganda, jest odczytywana przez odpowiedni białkowy receptor. W przypadku smaku gorzkiego receptor zawiera 7 miejsc interakcji (tzw. 7 transbłonowych domen 7TM, ang. *seven-transmembrane domain*) [24]. Struktura tego receptora jest dynamiczna, co oznacza, że w momencie interakcji (skurczu receptora) część domen wiązana jest z ligandem, a odległości pomiędzy nimi maleją, natomiast inne domeny, niebiorące udziału, oddalają się od miejsca wiązania (rys. 2). Jest to podstawowa koncepcja aktywacji konformacyjnej receptorów sprzężonych z białkiem G (GPCR, ang. *G Protein Coupled Receptors*).

Interakcje liganda z białkiem receptorowym można analizować za pomocą tzw. 3D modeli farmakoforowych. Trójwymiarowe (3D) modele farmakoforowe należą do technik opisujących relacje małocząsteczkowych ligandów z białkowym receptorem (tzw. celem molekularnym) [35]. Wygenerowany farmakofor pozwala wyszczególnić i

przypisać przestrzenną dyslokację grupom funkcyjnym (tzw. funkcjom farmakoforowym) niezbędnym do wytworzenia lub zablokowania aktywności biologicznej [17, 26]. Modelowanie farmakoforowe wspomagane jest techniką 3D farmakoforową (ang. *3D pharmacophore-based techniques*) [35, 20], dokowaniem molekularnym (ang. *Molecular Docking*) [21], techniką QSAR (ang. *Quantitative Structure-Activity Relationships*) [17, 21] oraz technikami mapowania receptora tj. analizą hipotetycznej powierzchni receptora RSA (ang. *Receptor Surface Analysis*) [34] lub analizą porównawczą pól molekularnych CoMFA (ang. *Comparative Molecular Field Analysis*) [8].



Rys. 2. Tworzenie się miejsca wiązania ligand-receptor.

Fig. 2. Binding ligand and receptor domains.

Technika 3D farmakoforowa umożliwia szczegółowy wgląd w interakcje ligandów z celami molekularnymi i w efekcie pozwala na wyznaczenie matematycznych deskryptorów kodujących gorzką aktywność smakową.

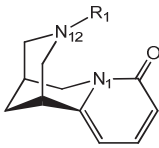
Celem pracy była identyfikacja wyróżników strukturalnych kształtujących gorzką aktywność smakową serii alkaloidów chinolizydynowych oraz określenie natężenia tej cechy smakowej przy użyciu technik modelowania komputerowego. Sprecyzowanie cech powinowactwa badanej grupy związków do receptora smaku gorzkiego posłużyło do wyrażenia ilościowych zależności różnicujących aktywność smakową serii alkaloidów chinolizydynowych.

Material i metody badań

Badane związki i ich aktywność biologiczna

Cytyzyna jest jednym z ważniejszych przedstawicieli trójpierścieniowych alkaloidów chinolizydynowych. Występuje głównie w roślinach motylkowych, a najczęściej ekstrahowana jest z nasion złotokapu (*Laburnum anagyroides*) należącego do rodziny *Fabaceae* [14, 15]. Związek ten i jego analogi wykazują interakcje z receptorami nikotynowymi nAChR (podjednostkami typu $\alpha 4\beta 2$ i $\alpha 7$) [2, 6, 25]. Interakcje z receptorami nikotynowymi umożliwiają stosownie tych związków chemicznych w terapii farmakologicznej depresji, stanów lękowych, uzależnienia od nikotyny, jaskry oraz choroby Alzheimera, Parkinsona, czy Huntingtona [2, 6, 25]. Pochodne cytyzyny użyte w badaniach zamieszczono w tab. 1.

Tabela 1. Struktury związków (1-5) użytych w badaniach.
Table 1. Structures of (1 – 5) compounds used in research study.

Nr No	Alkaloidy chinolizydynowe / Quinolizidine alkaloids	
	Nazwa związku Name of compound	
		R ₁
1	Cytozyna / Cytisine	-H
2	N-metylocytyzyna / N-methylcytisine	-CH ₃
3	N-etylocytyzyna / N-ethylcytisine	-CH ₂ CH ₃
4	N- acetylocytyzyna / N-acetylcytisine	-COCH ₃
5	N-propionylocytyzyna / N-propionylcytisine	-COC ₂ H ₅

Badana grupa związków różni się między sobą podstawnikami w regionie atomu azotu N₁₂. Modyfikacje w obrębie atomu azotu N₁₂ badanych alkaloidów prowadzą do zmian właściwości elektrofilowo-nukleofilowych tego obszaru.

Metody komputerowe użyte w badaniach struktur związków 1 - 5

Modelowanie molekularne prowadzono za pomocą pakietu programowego Gaussian 09W. Optymalizację geometrii badanych ligandów 1 - 5 prowadzono, stosując teorię funkcjonałów gęstości (DFT, ang. *Density Functional Theory*) z B3LYP funk-

cjonalem i 6-31G (2d,p) bazą [1]. Obecność rozpuszczalnika (wody) stymulowano modelem CPCM (ang. *Conducting Polarized Continuum Model*) [3, 10, 27]. Funkcje farmakoforowe oraz powierzchnię dostępną dla rozpuszczalnika (SAS, ang. *Solvent Accessible Surface Area*) wyznaczono za pomocą programu LigandScout. Programem tym rozpoznano "klasyczne" funkcje farmakoforowe, takie jak: ugrupowania będące akceptorami i donorami wiązania wodorowego (HBA i HBD, ang. *Hydrogen Bond Acceptors (Donors)*), obszary o cechach obszarów aromatyczno-hydrofobowych (AR/H) oraz regiony zdolne do dodatniej jonizacji (PI, ang. *Positive Ionizable*). Wizualizację prostego modelu farmakoforowego (SPM) prowadzono w programie ChemBioOffice. Analizę powierzchni receptora RSA (ang. *Receptor Surface Analysis*) badanych związków 1-5 prowadzono przy użyciu programu Scigress Explorer, LigandScout i Chem-X. Gęstość ładunków potencjału elektrostatycznego (ESP, ang. *Electrostatic Potential*) wyznaczano w programie Gaussian.

Badania sensoryczne

Analizę sensoryczną prowadzono techniką przepłukiwania jamy ustnej (ang. *sip-and-spit*) wodnymi roztworami badanych związków (1 - 5) [11, 13, 18]. Stosowano wodne roztwory tych związków o stężeniu nadprogowym (0,002 g/100 ml wody dejonizowanej). Zgodnie z zasadami przyjętymi dla tego typu testów [28] zespół testerów (ekspertów o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej) był wyselekcjonowany i przeszkolony. Zadaniem 15-osobowej grupy eksperckiej było uporządkowanie badanych związków pod względem intensywności wrażenia smaku gorzkiego [28, 29, 30].

Serie badawcze powtórzono trzykrotnie, a wyniki pomiarów opracowano statystycznie. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono wykorzystując program Origin 8.0. Zróżnicowanie ocen sensorycznych analizowano statystycznie za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) na poziomie istotności $p = 0,05$.

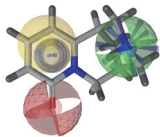
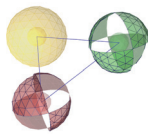
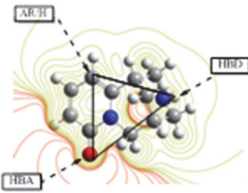
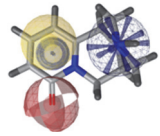
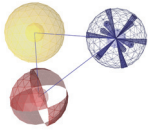
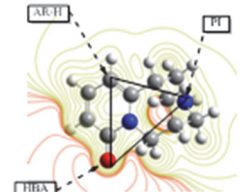
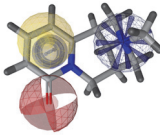
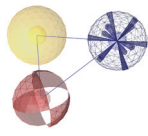
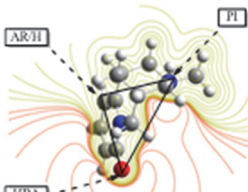
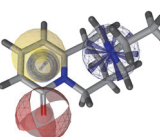
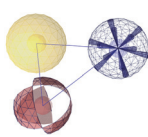
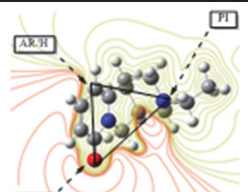
Wyniki i dyskusja

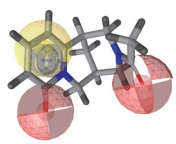
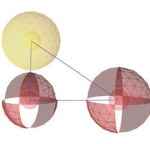
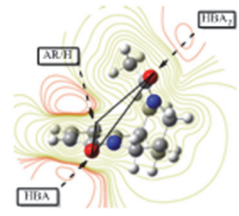
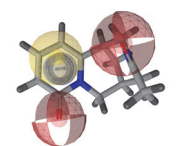
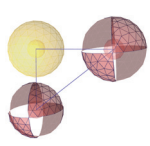
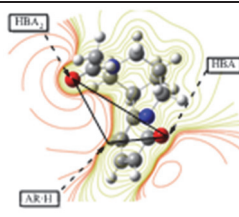
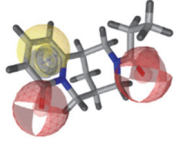
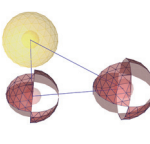
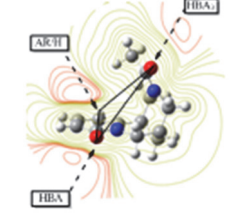
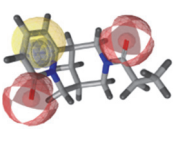
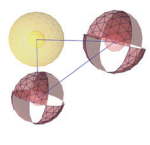
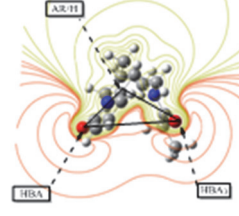
Otrzymywanie prostego modelu farmakoforowego (SPM) badanej grupy alkaloidów chinolizydynowych

W metodach wirtualnego skriningu wykorzystuje się kryterium podobieństwa, co oznacza, że pokrewne strukturalnie związki powinny stymulować podobną aktywność biologiczną. W celu wyznaczenia wspólnych cech przestrzennych i strukturalnych badanej grupy związków (1 - 5) rozpoznano funkcje farmakoforowe za pomocą programu LigandScout (tab. 2). Struktury pochodnych cytyzyny zawierają trzy kluczowe obszary: nukleofilowy zlokalizowany na grupie karbonylowej ($C=O$) (HBA, określany również jako HBA_1) aromatyczno/hydrofobowy (AR/H) oraz obszar atomu azotu N_{12} , który był poddawany modyfikacji chemicznej.

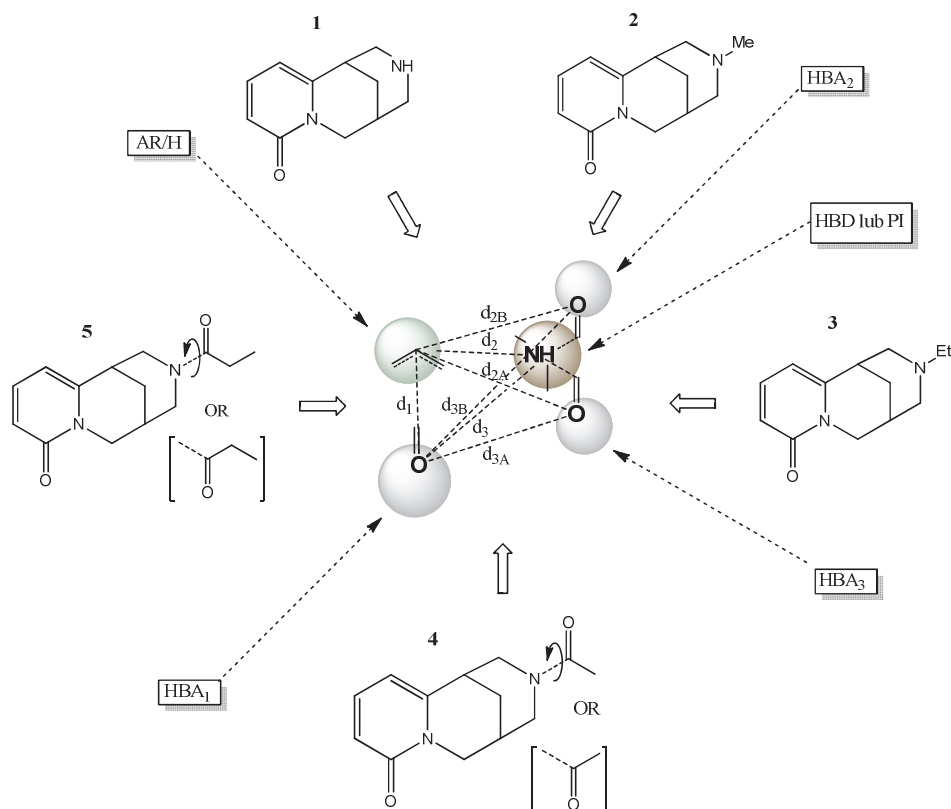
Tabela 2. Identyfikacja funkcji farmakoforowych badanych alkaloidów chinolizydynowych (1 - 5).

Table 2. Identification of pharmacophoric features of quinolizidine alkaloids (1 - 5) studied.

Nr związku Compound number	Funkcje farmakoforowe (kolor żółty - AR/H, zielony - HBD; czerwony - HBA, niebieski - PI) Pharmacophoric features (yellow - AR/H, green - HBD, red - HBA, blue - PI)		Rozkład elektrostatycznego potencjału (ESP) z rozpoznanymi funkcjami farmakoforowymi Distribution of electrostatic potential (ESP) with pharmacophoric features identified	Poszczególne reprezentacje farmakoforowe Individual representations of pharmacophore
1a				HBA ₁ -HBD- AR/H
1b				HBA ₁ -PI-AR/H
2				HBA ₁ -PI-AR/H
3				HBA ₁ -PI-AR/H

4a				HBA ₁ -HBA ₂ - AR/H
4b				HBA ₁ -HBA ₂ - AR/H
5a				HBA ₁ -HBA ₃ - AR/H
5b				HBA ₁ -HBA ₃ - AR/H

Analiza funkcji farmakoforowych (tab. 2) pozwoliła sprecyzować ogólne cechy powinowactwa badanych ligandów do receptora. Obszar atomu azotu N₁₂, początkowo elektrofilowy (1), jest donorem wiązania wodorowego (HBD), jednocześnie zasadowy atom azotu N₁₂ (struktury 1, 2 i 3) jest regionem zdolnym do dodatniej jonizacji (PI). W przypadku struktur 4a(b) i 5a(b) modyfikacja prowadzi do utworzenia obszaru będącego akceptorem wiązań wodorowych (HBA₂ lub HBA₃). Wizualizację sterycznych relacji pomiędzy funkcjami farmakoforowymi badanych alkaloidów (tab. 2) przedstawiono za pomocą prostego modelu farmakoforowego (SPM) (rys. 3).



Rys. 3. Proponowane trzypunktowe modele farmakoforowe receptora smaku gorzkiego.

Fig. 3. Proposed 3-point pharmacophore models of bitter taste receptor.

Przedstawiony prosty model farmakoforowy (SPM) zawiera dwa podstawowe obszary powinowactwa: aromatyczno-hydrofobowy (AR/H) oraz (HBA₁) ulokowany na grupie karbonylowej. W regionie atomu azotu N₁₂ przedstawiony model farmakoforowy wykazuje znaczące zmiany w budowie obszaru wiążącego. Jak wcześniej zaobserwowano, trzeciorzędowy atom azotu N₁₂, pierwotnie będący donorem wiązania wodorowego (HBD), ulega modyfikacji w region o dodatniej jonizacji (PI), a następnie staje się akceptorem wiązania wodorowego (HBA₂ i HBA₃). Lokalizacja obszarów HBA₂ i HBA₃ jest dyssymetryczna z uwagi na równowagę konformacyjną pomiędzy formami cis- i transoidowymi związków 4 i 5. Odległości pomiędzy poszczególnymi obszarami podano w tab. 3.

Odległości przedstawione w tab. 3. są odczytem struktur związków 1 - 5 zoptymalizowanych metodą DFT (B3LYP/6-31G(2d,p)) w wodzie. Wartości średnich odległości (d₂-d_{3B}) pomiędzy poszczególnymi obszarami modelu SPM wskazują na zmianę

rozmieszczenia cech elektronowych farmakofora z reprezentacji HBA₁-Ar/H-HBD poprzez HBA₁-Ar/H-PI do HBA₁-Ar/H-HBA₂₍₃₎. Reprezentacje konformerów 4a i 4b (5a i 5b) stanowią w rzeczywistości jedną wzajemnie uzupełniającą się reprezentację. Równocześnie ta wynika z braku istotnych różnic pomiędzy odległościami d_{2A} i d_{2B} (d_{3A} i d_{3B}) konformerów N- acetylo- i N-propionylocytyzyny.

Tabela 3. Odległości pomiędzy obszarami aktywnymi badanej grupy alkaloidów.

Table 3. Distances between active areas of group of alkaloids studied.

Nr związku Compound number	Odległości / Distances [nm]						
	d ₁	d ₂	d ₃	d _{2A}	d _{2B}	d _{3A}	d _{3B}
1a	0,410	0,409	0,495	-	-	-	-
1b	0,410	0,410	0,498	-	-	-	-
2	0,410	0,410	0,498	-	-	-	-
3	0,407	0,408	0,493	-	-	-	-
4a	0,410	-	-	0,535	-	0,523	-
4b	0,410	-	-	-	0,454	-	0,583
5a	0,411	-	-	0,569	-	0,566	-
5b	0,410	-	-	-	0,484	-	0,610
Średnia odległość Mean distance	0,410	0,409	0,496	0,552	0,469	0,545	0,597

Prognozowanie natężenia smaku gorzkiego ISG ligandów 1 - 5

Prognozowanie intensywności smaku gorzkiego (ISG_p) badanych ligandów przeprowadzono na podstawie deskryptorów molekularnych. Każdy ligand charakteryzowano deskryptorami określającymi liczbę miejsc aktywnych (tzw. liczbę punktowych interakcji – LPI) oraz liczbę możliwych wpasowań w hipotetyczny obszar receptorowy (tzw. liczbę interaktywnych stymulacji – LIS). Prognozowany indeks smaku gorzkiego wyrażono sumą parametru LIS i LPI (ISG_p = $\sum LPI + \sum LIS \times 12$). W tab. 4. przedstawiono prognozowane i sensoryczne wartości ISG.

Przedstawione wartości prognozowanych i sensorycznych intensywności smaku gorzkiego (ISG_p i ISG_s) ligandów 1 - 5 mają porównywalne wartości. Największą prognozowaną i sensoryczną intensywność smaku gorzkiego wykazała cytyzyna. Powinowactwo cytyzyny do receptora można scharakteryzować za pomocą dwóch reprezentacji farmakoforowych HBA-HBD-AR/H oraz HBA-PI-AR/H (tab. 2). Oznacza to, że związek ten ma dwie możliwości aktywacji receptora oraz cztery obszary aktywne (LIS + LPI = 2 + 4). Pozostałe z badanych ligandów wykazują tylko jedną trójbcentrową reprezentację farmakoforową (LIS + LPI = 1 + 3), co skutkuje osłabieniem aktywacji receptora smaku gorzkiego.

Tabela 4. Wartości prognozowanych i sensorycznych intensywności smaku gorzkiego (ISG) związków 1 - 5.

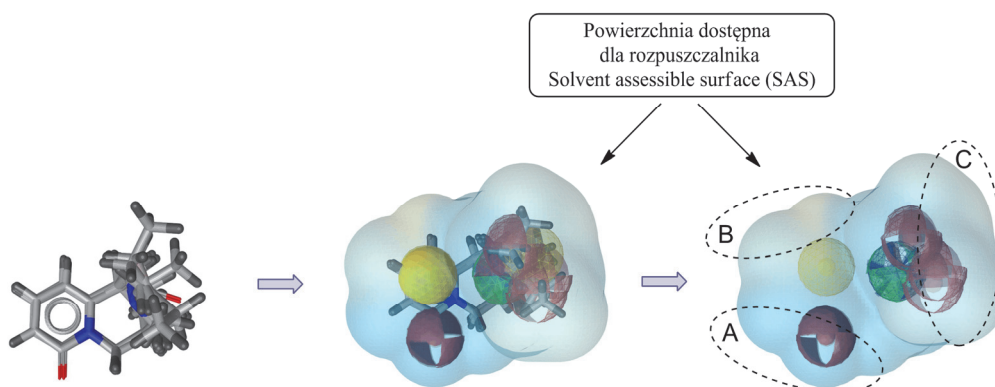
Table 4. Predicted and sensory values of intensity of bitter taste (IBT) for 1 – 5 compounds.

Numer związku Compound number	Deskryptory molekularne Molecular descriptors		Wartości prognozowane intensywności smaku gorzkiego (ISG _p) Predicted values of intensity of bitter taste (IBT _p)	Wartości sensoryczne intensywności smaku gorzkiego (ISG _s) Sensory values of intensity of bitter taste (IBT _s)
	LPI/LIS	LPI+LIS		
1	2/4	6	72	74 ± 4,9
2	1/3	4	48	48 ± 4,2
3	1/3	4	48	46 ± 4.1
4a	1/3	4	48	45 ± 4,0
4b				
5a	1/3	4	48	42 ± 4,1
5b				

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviation

Analiza powierzchni receptora (RSA)

W celu przedstawienia zasadniczych obszarów oddziaływań badanych ligandów we wnętrzu kieszeni receptorowej przeprowadzono tzw. analizę powierzchni receptora (RSA). Struktury 1 - 5 nałożono metodą superpozycji, wyznaczono funkcje farmakoforowe i powierzchnię dostępną dla rozpuszczalnika (SAS). Do uzyskania klarowności obrazu z modelu usunięto struktury nałożonych na siebie związków 1 - 5.



Rys. 4. Wizualizacja hipotetycznych obszarów receptora dostępnych dla ligandów 1 - 5.

Fig. 4. Visualization of hypothetical receptor areas accessible to 1 - 5 ligands.

Otrzymany hipotetyczny model powierzchni receptora smaku gorzkiego (rys. 4) scharakteryzowano trzema obszarami o zmiennych właściwościach do tworzenia wiązań wodorowych (A – niebieski – obszar akceptorów wiązań wodorowych, C – szaro-niebieski – obszar akceptorów lub donorów wiązań wodorowych, B – żółtoszary (AR/H) – obszar niezawierający wiązań wodorowych). Obszary A, B i C pseudo-receptora ilustrują kierunki zasadniczych punktowych interakcji (PI) ligand - receptor na powierzchni obszaru SAS. Teoretyczny model powierzchni receptora ligandów 1 - 5 umożliwia klasyfikację potencjalnych ligandów należących do analogów cytyzyny pod względem ich gorzkiej aktywności.

Wnioski

1. Wyrażona za pomocą tzw. prostego modelu farmakoforowego (SPM) analiza cech strukturalno-przestrzennych serii gorzkich alkaloidów chinolizydynowych określa ich powinowactwo do receptora smaku gorzkiego.
2. Proponowany model SPM precyzuje trzy obszary powinowactwa: aromatyczno-hydrofobowy (AR/H) i akceptorowy (HBA_1) oraz, kluczowy dla intensywności smaku gorzkiego, obszar atomu azotu N_{12} , przejawiający zarówno cechy donorowe (HBD), akceptorowe (HBA), jak i regionu o dodatniej jonizacji (PI).
3. Dowiedziono, że gorzką aktywność smakową wszystkich analizowanych ligandów charakteryzują trzy trójboczne reprezentacje farmakoforowe tj. HBA-HBD-AR/H, HBA-PI-AR/H i HBA-HBA-AR/H. Z kolei powinowactwo cytyzyny do receptora charakteryzują dwie reprezentacje farmakoforowe: HBA-HBD-AR/H oraz HBA-PI-AR/H, a pozostałe ligandy tylko jedną (HBA-PI-AR/H lub HBA-HBA-AR/H).
4. Łączną charakterystykę powinowactwa ligand/receptor badanych alkaloidów dobrze precyzują deskryptory, takie jak: LPI – wyrażający liczbę obszarów pobudzających receptor oraz LIS – określający liczbę wpasowań pojedynczego liganda w hipotetyczny obszar receptorowy. Powinowactwo to (ISG_p) opisuje równanie smakowe w postaci $\text{ISG}_p = \sum \text{LPI} + \sum \text{LIS} \times 12$.
5. Analiza powierzchni receptora (RSA) oraz powierzchni dostępnej dla rozpuszczalnika (SAS) potwierdza trzy podstawowe kierunki (A, B i C) interakcji ligand - receptor, charakteryzujące się zmienną predyspozycją do tworzenia wiązań wodorowych.
6. Wartości intensywności smaku gorzkiego (ISG_p) przewidywane za pomocą równania smakowego potwierdziły wyniki testów sensorycznych wodnych roztworów badanych alkaloidów.
7. Prosty model farmakoforowy (SPM) może być skutecznie stosowany w badaniach różnic pomiędzy wartościami intensywności smaku gorzkiego (ISG_p) gorzkich składników żywności, takich jak alkaloidy chinolizydynowe.

Literatura

- [1] Allen R.N., Shukla M.K., Reed D., Leszczynski J.: Ab initio study of the structural properties of ascorbic acid (vitamin C). *Int. J. Quantum Chem.*, 2006, **106** (14), 2934-2943.
- [2] Anderson D.J., Arneric S.P.: Nicotinic receptor binding of [3H]-cytisine, [3H] nicotine and [3H] methylcarbamyl-choline in rat brain. *Eur. J. Pharmacol.*, 1994, **253** (3), 261-267.
- [3] Barone V., Cossi M., Tomasi J.: Geometry optimization of molecular structures in solution by the polarizable continuum model. *J. Comput. Chem.*, 1998, **19** (4), 404-417.
- [4] Behrens M., Meyerhof W.: Bitter taste receptor research comes of age: from characterization to modulation of TAS2Rs. *Semin. Cell Dev. Biol.*, 2013, **24** (3), 215-221.
- [5] Behrens M., Meyerhof W.: Mammalian bitter taste perception. *Res. Probl. Cell Differ.*, 2009, **47**, 203-220.
- [6] Botuha C., Galley C.M.S., Gallagher T.: A short synthesis of ($\pm$)-cytisine. *Org. Biomol. Chem.*, 2004, **2**, 1825-1826.
- [7] Brockhoff A., Behrens M., Massarotti A., Appendino G., Meyerhof W.: Broad tuning of the human bitter taste receptor hTAS2R46 to various sesquiterpene lactones, clerodane and labdane diterpenoids, strychnine, and denatonium. *J. Agric. Food Chem.*, 2007, **55**, 6236-6243.
- [8] Caballero J.: 3D-QSAR (CoMFA and CoMSIA) and pharmacophore (GALAHAD) studies on the differential inhibition of aldose reductase by flavonoid compounds. *J. Mol. Graph. Model.*, 2010, **29** (3), 363-371.
- [9] Chandrashekar J., Hoon M.A., Ryba N.J., Zuker C.S.: The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 2006, **444** (7117), 288-294.
- [10] Chen Z., Baker N.A., Wei G.W.: Differential geometry based solvation model I: Eulerian formulation. *J. Comput. Phys.*, 2010, **229** (22), 8231-8258.
- [11] Delwiche J.F., Halpern B.P., Lee M.Y.: A comparison of tip of the tongue and sip and spit screening procedures. *Food Qual. Prefer.*, 1996, **7** (3-4), 293-297.
- [12] Dong D., Jones G., Zhang S.: Dynamic evolution of bitter taste receptor genes in vertebrates. *BMC Evol. Biol.*, 2009, **9**, 12. doi: 10.1186/1471-2148-9-12.
- [13] Frank O., Blumberg S., Krümpel G., Hofmann T.: Structure determination of 3-O-caffeoyl-epiquinide, an orphan bitter lactone in roasted coffee. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, **56** (20), 9581-9585.
- [14] Gaimarri A., Moretti M., Riganti L., Zanardi A., Clementi F., Gotti C.: Regulation of neuronal nicotinic receptor traffic and expression. *Brain Res. Rev.*, 2007, **55** (1), 134-143.
- [15] Galasso V., Przybył A.K., Christov V., Kovac B., Asaro F., Zangrando E.: Theoretical and experimental studies on the molecular and electronic structures of cytisine and unsaturated ketosparteines. *Chem. Phys.*, 2006, **325**, 365-377.
- [16] Kikut-Ligaj D., Jasiczak J.: Bitter taste, its prognostication and role in nourishment. *Pol. J. Comm. Sci.*, 2006, **1**, 15-28.
- [17] Kikut-Ligaj D., Jasiczak J.: The application of molecular mould of bitter taste receptor in combination with the QSAR method for prediction of taste. Part II. *Ann. Polish Chem. Soc.*, 2004, **3**, 675-679.
- [18] Klimacka-Nawrot E., Suchecka W.: Metody badań wrażliwości smakowej. *Wiad. Lek.*, 2008, **61** (7-9), 207-210.
- [19] Kuhn C., Bufe B., Batram C., Meyerhof W.: Oligomerization of TAS2R bitter taste receptors. *Chem. Senses*, 2010, **35** (5), 395-406.
- [20] Langer T., Wolber G.: Pharmacophore definition and 3D searches. *Drug Discov. Today*, 2004, **1** (3), 203-207.

- [21] Lauria A., Ippolito M., Fazzari M., Tutone M., Di Blasi F., Mingoia F., Almerico A.M.: IKK-beta inhibitors: an analysis of drug-receptor interaction by using molecular docking and pharmacophore 3D-QSAR approaches. *J. Mol. Graph. Model.*, 2010, **29** (1), 72-81.
- [22] Liu Q., Zhang D., Zhang F., Zhao Y., Hsia K.J., Wang P.: Biosensor recording of extracellular potentials in the taste epithelium for bitter detection. *Sens. Actuators B. Chem.*, 2013, **176**, 497-504.
- [23] Lyne P.D.: Structure-based virtual screening: an overview. *Drug Discov. Today*, 2002, **7** (20), 1047-1055.
- [24] Max M., Meyerhof W.: Taste Receptors. *The Senses: A Comprehensive Reference*, 2008, **4**, 197-217.
- [25] Marrière E., Rouden J., Tadino V., Lasne M.: Synthesis of analogues of (-)-cytisine for *in vivo* studies of nicotinic receptors using Positron Emission Tomography. *Org. Lett.*, 2000, **2** (8), 1121-1124.
- [26] Martin Y.C.: Pharmacophore Modeling: 1-Methods. *Comprehensive Med. Chem. II*, 2007, **406**, 119-147.
- [27] Nunes S.C.C., Eusébio M.E.S., Jesus A.J.L., Ermelinda M., Redinha J.S.: Conformational preferences of 2-isopropyl-aminoethanol in aqueous solution using the CPCM continuum solvation model. *J. Mol. Struct.*, 2008, **867** (1 - 3), 101-106.
- [28] PN-ISO 8586-1(2):1998. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających. Wybrani oceniający.
- [29] PN-ISO 8589:1998. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne dotyczące projektowania pracowni analizy sensorycznej.
- [30] PN-ISO 6658:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Wytyczne ogólne.
- [31] Reed D.R., Knaapila A.: Genetics of taste and smell: poisons and pleasures. *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.*, 2010, **94**, 213-240.
- [32] Stevens D.A., Dooley D.A., Laird J.D.: Explaining individual differences in flavour perception and food acceptance. Ed. D.M.H. Thomson, *Food Acceptability*, Elsevier Appl. Sci., London 1988.
- [33] Travers S.P., Geran L.C.: Bitter-responsive brainstem neurons: Characteristics and functions. *Physiol. Behav.*, 2009, **97** (5), 592-603.
- [34] Vijayan R.S., Ghoshal N.: Structural basis for ligand recognition at the benzodiazepine binding site of GABAA alpha 3 receptor, and pharmacophore-based virtual screening approach. *J. Mol. Graph. Model.*, 2008, **27** (3), 286-298.
- [35] Wolber G., Dornhofer A.A., Langer T.: Efficient overlay of small organic molecules using 3D pharmacophores. *J. Comput. Aided Mol. Des.*, 2006, **20** (12), 773-788.
- [36] Yarmolinsky D.A., Zuker C.S., Ryba N.J.: Common sense about taste: from mammals to insects. *Cell*, 2009, **139** (2), 234-244.

PREDICTING BITTER TASTE OF SELECTED QUINOLIZIDINE ALKALOIDS

S u m m a r y

Bitter taste perception plays a particularly vital role when assessing qualitative properties of food. When differentiating between the acceptable flavour composition and the excessively bitter and potentially toxic one, a consumer focuses exclusively on the intensity (volume) of bitter taste perception. The volume diversity of bitter taste stimuli can be assessed by analyzing the reproducibility of structural properties in a set of bitter ligands. An effective research method to investigate the intensity of bitter taste perception are 3D pharmacophore models. A simple pharmacophore model (SPM that stands for *Simple Pharmacophore Model*) was used to analyze taste interactions of a series of small molecule ligands from a group of quinolizidine alkaloids. The SPM model made it possible to distinguish two basic affinity domains of the

alkaloids being studied: aromatic/hydrophobic (AR/H) and acceptor (HBA₁). Moreover, there was identified a region of N₁₂ nitrogen atom being fundamental for the intensity of bitter taste and exhibiting donor (HBD), acceptor (HBA), and positive ionization (PI) properties. The predicted intensity of bitter taste of quinolizidine alkaloids was described by two molecular descriptors, such as a number of regions stimulating the receptor (NPI that stands for the number of point interactions) and a number of alignments of a single ligand into a hypothetical receptor area (NIS that stands for the number of interactive stimulations). The assigned descriptors (NPI and NIS) were used to formulate a taste equation representing qualitative changes in the predicted intensity of bitter taste (IBT_p) for the group of alkaloids analyzed. The predicted IBT_p values were confirmed by sensory values of the intensity of bitter taste (IBT_s).

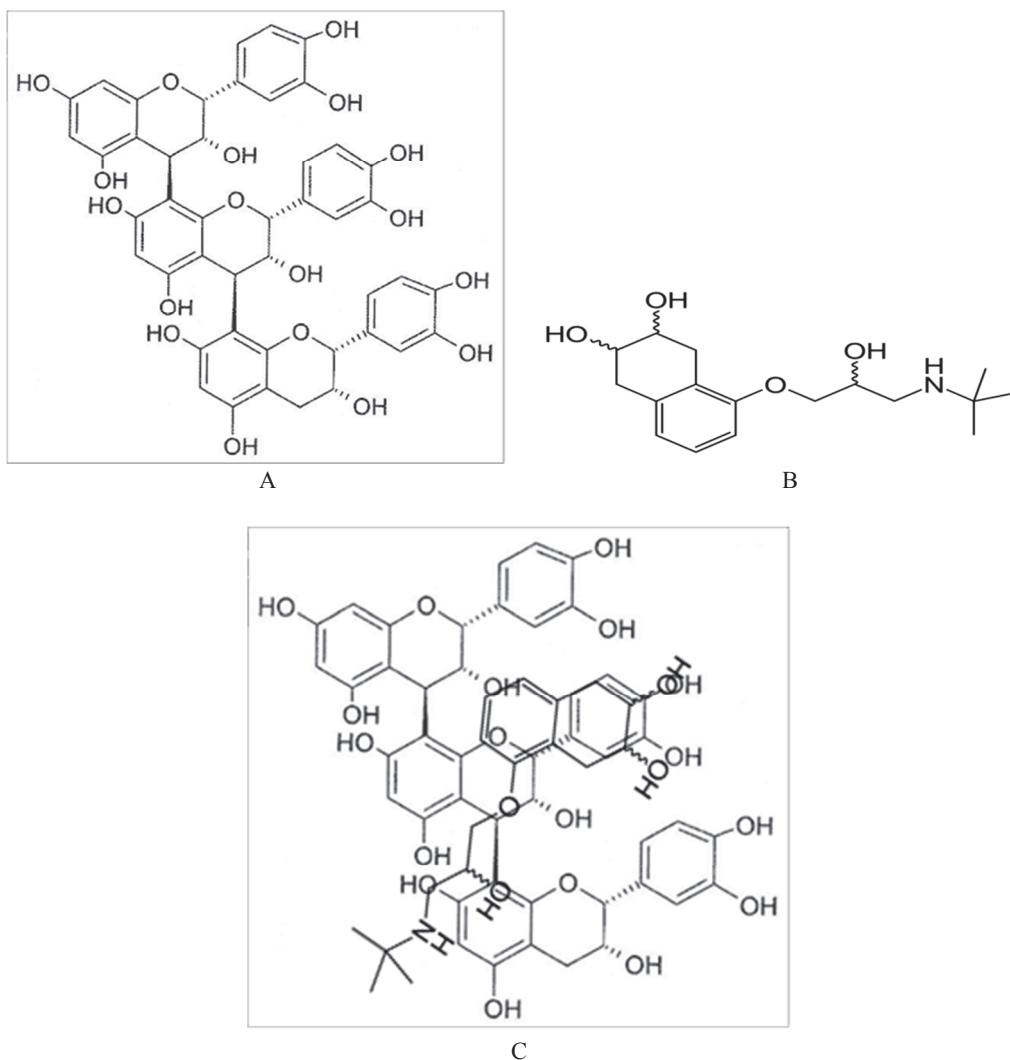
Key words: bitter taste perception, prediction of bitter taste, quinolizidine alkaloids, simple pharmacophore model (SPM) 

HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA

INTERAKCJE SKŁADNIKÓW ŻYWNOŚCI

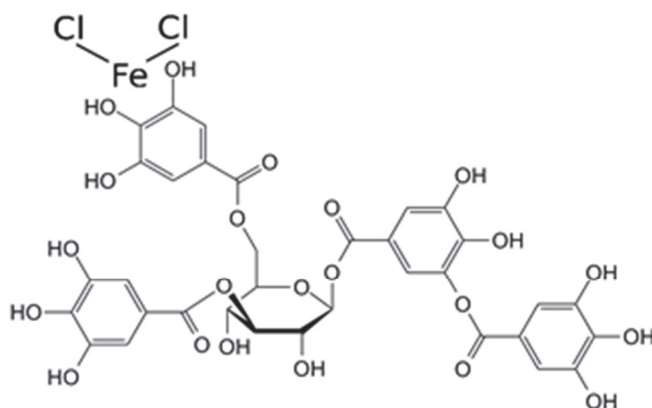
Prezentujemy 24. część cyklu nt. „Interakcje składników żywności”. Druk materiałów z tego cyklu rozpoczęliśmy w Żywności nr 1 (74), 2011.

Treść tego rozdziału potwierdza opinię, że żywność jest ewolucyjnym hazardem, co *de facto* oznacza, że nie ma żywności absolutnie bezpiecznej. Z kolei nie zmienia to aksjomatu, że określenie „żywność prozdrowotna” ma naukowe i praktyczne uzasadnienie. Cztery tysiące lat temu człowiek odkrył herbatę jako smaczny napój o charakterze tajemniczej używki. W Europie szczególnie Anglicy gustują w picu herbaty, którą wręcz w rytualny sposób spożywają codziennie od ponad 300 lat. Pod względem naukowym w słowie tajemniczość kryje się brak pełnej wiedzy o wszystkich związkach chemicznych znajdujących się w herbacie i o interakcjach zachodzących pomiędzy nimi i innymi składnikami żywności. Zgodnie z założeniem artykułu nie będą omawiane walory różnych herbat, a jedynie ujemne skutki ich picia. Powszechnie dominuje pogląd, że picie szczególnie czarnej i zielonej herbaty może powodować ograniczenie przyswajania z żywności żelaza, natomiast u osób nadwrażliwych mogą pojawiać się bóle migrenowe i podrażnienie żołądka. Picie herbaty sprzyja również niszczeniu zębów i nasilaniu się pewnych chorób. Formułując nieco radykalne stwierdzenia należy pamiętać, że aktywność biologiczna każdej herbaty zmienia się wraz ze sposobem jej przygotowania. A jakie jest uzasadnienie tych poglądów? Naukowo wykazano, że picie zielonej herbaty zmniejsza stężenie nadololu we krwi co ogranicza terapeutyczne działanie tego leku w chorobach nadciśnienia i zaburzeniach rytmu serca u pacjentów po zawałach. Chcąc zrozumieć mechanizm interakcji nadololu ze składnikami herbaty należy mieć na uwadze budowę chemiczną tego leku oraz takiego składnika herbat jak tanina (teotanina). Teotaniny nie należy utożsamiać z taniną farmaceutyczną lub gallotaniną. Teotaniny są złożoną mieszaniną związków polifenolowych, składającą się poza taniną również z katechin, polifenoli i ich pochodnych

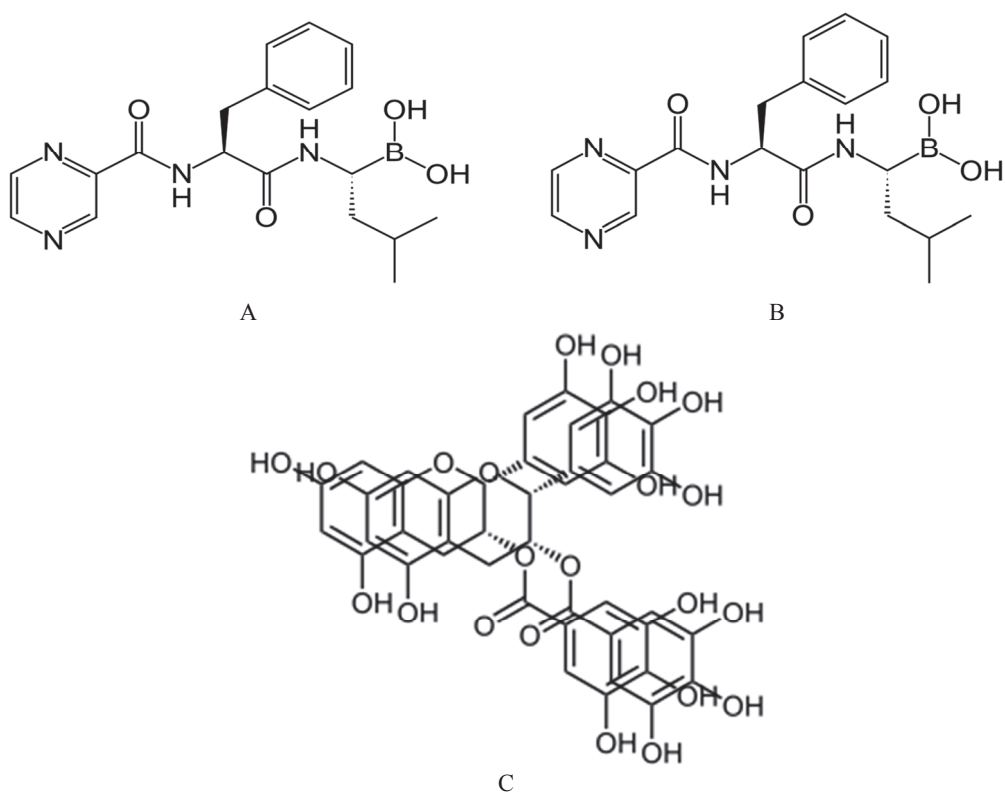


Rys. 1. Hipotetyczny kompleks nadololu z polimerem katechinowym. A – polimer katechinowy, B – nadolol, C – kompleks obu tych związków.

(rys. 1). Głównymi wiązaniami biorącymi udział w tworzeniu i stabilizacji tego kompleksu są wiązania wodorowe, oddziaływania hydrofobowe i częściowo oddziaływania elektrostatyczne. Utworzenie tego kompleksu jest bezpośrednią przyczyną obniżenia stężenia nadololu we krwi, ponieważ część leku najprawdopodobniej jest wydalana z organizmu lub traci swoją aktywność farmakologiczną. Podobny mechanizm ograniczenia biodostępności żelaza znajdującego się w pożywieniu jest związany z tworzeniem kompleksu żelazo-tanina (rys. 2). Istotą tego kompleksu jest wiązanie



Rys. 2. Hipotetyczne kompleksy żelaza z kwasem taninowym.



Rys. 3. Hipotetyczny kompleks bortezomibu z galusanem epigallokatechiny. A – bortezomib, B – galusan epigallokatechiny, C – kompleks obu tych związków.

żelaza obecnego w żywności wiązaniem jonowym z taniną. Mówiąc o biodostępności żelaza należy pamiętać, że herbata wypita w trakcie posiłku obniża wchłanianie żelaza aż o 60 %. Herbatki owocowe i ziołowe oraz herbata czerwona, która ze względu na długi proces fermentacji zawiera mniej taniny, w mniejszym stopniu wiążą żelazo. Pozytywny efektem obecności taniny w herbacie jest przyjemne wrażenie cierpkości, które wkomponowuje się w ogólny akceptowany przez konsumentów jej smak. Tanina obecna w herbacie wchodzi również w interakcję z kofeiną, tworząc kofeinian taniny, działający wolniej i łagodniej na układ sercowo-naczyniowy i centralny system nerwowy, stąd picie herbaty ma działanie łagodniejsze niż picie kawy. Na zakończenie warto przytoczyć informację, że w pewnych sytuacjach picie zielonej herbaty jest niekorzystne. Dotyczy to interakcji leku przeciwnowotworowego – bortezomibu z galusanem epigallokatechiny (rys. 3). Istota tych interakcji jest podobna do przedstawionych na rys. 1. Interakcje te wyjaśniają również zjawisko redukowania dokuczliwych skutków ubocznych podawania tego leku. Paradoksalnie wyjaśnia to zjawisko łagodzenia efektów ubocznych chemioterapii związanych z jednoczesnym picciem zielonej herbaty, ponieważ zredukowane są wówczas koszty efektywności działania leku jego skutki uboczne. ☒

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOŚCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP oraz Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 30 listopada 2014 r.

Polskie akty prawne

1. Ustawa z dn. 16 grudnia 2005 r. o produktach pochodzenia zwierzęcego (tekst jednolity) (Dz. U. 2014 r., poz. 1577).
Ogłoszony został jednolity tekst ustawy z dn. 16 grudnia 2005 r. o produktach pochodzenia zwierzęcego.
2. Ustawa z dn. 21 grudnia 1990 r. o zawodzie lekarza weterynarii i izbach lekarsko-weterynaryjnych (tekst jednolity) (Dz. U. 20014 r., poz. 1509).
Ogłoszony został jednolity tekst ustawy z dn. 21 grudnia 1990 r. o zawodzie lekarza weterynarii i izbach lekarsko-weterynaryjnych.
3. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 9 października 2006 r. w sprawie określenia spraw rozstrzyganych w drodze decyzji administracyjnych przez powiatowego lekarza weterynarii albo urzędowego lekarza weterynarii z upoważnienia powiatowego lekarza weterynarii (tekst jednolity) (Dz. U. 2014 r., poz. 1572).
Ogłoszony został jednolity tekst rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 9 października 2006 r. w sprawie określenia spraw rozstrzyganych w drodze decyzji administracyjnych przez powiatowego lekarza weterynarii albo urzędowego lekarza weterynarii z upoważnienia powiatowego lekarza weterynarii.

4. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 6 sierpnia 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań weterynaryjnych mających zastosowanie do drobiu i jaj wylęgowych (Dz. U. 2014 r., poz. 1332).
W rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 27 września 2013 r. w sprawie szczegółowych wymagań weterynaryjnych mających zastosowanie do drobiu i jaj wylęgowych (Dz. U. poz. 1301) w załączniku wprowadzono zmiany dotyczące zakładów hodowli zarodowej lub zakładów reprodukcyjnych.
5. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 14 listopada 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii (Dz. U. 2014 r., poz. 1659).
Zmiana w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 25 sierpnia 2004 r. w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii (Dz. U. 2014 r. poz. 227) dotyczy zakresu działania Granicznego Lekarza Weterynarii w Gdańsku – dla morskiego przejścia granicznego Gdańsk-Port oraz morskiego przejścia granicznego Elbląg.
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 17 października 2014 r. w sprawie systemów wymiany informacji w zakresie dotyczącym zadań Państwowej Inspekcji Sanitarnej (Dz. U. 2014 r., poz. 1474).
W rozporządzeniu określono:
 - wykaz systemów wymiany informacji w zakresie dotyczącym zadań Państwowej Inspekcji Sanitarnej,
 - zasady zarządzania przez Głównego Inspektora Sanitarnego wymianą informacji.
Wykaz systemów wymiany informacji obejmuje:
 - System Nadzoru Epidemiologicznego nad Chorobami Zakaźnymi,
 - Krajowy System Wczesnego Ostrzegania i Reagowania dla Chorób Zakaźnych,
 - System Bezpieczeństwa Żywności II (SBŻ II),
 - System Monitoringu Jakości Wody Przeznaczonej do Spożycia przez Ludzi,
 - System Monitoringu Jakości Wody w Kąpieliskach,
 - Bazę Danych Urządzeń Radiologicznych,
 - Bazę Danych Źródeł Wytwarzających Pola Elektromagnetyczne na Stanowiskach Pracy (PEM 2005.PL),
 - System Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach (RASFF) w Polsce,
 - Elektroniczny System Nadzoru nad Dystrybucją Szczepionek (ESNDS).
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej grzybów (Dz. U. 2014 r., poz. 1408).

Rozporządzenie określa:

1. Gatunki grzybów:
 - a) objętych ochroną ścisłą,
 - b) objętych ochroną częściową,
 - c) objętych ochroną częściową, które mogą być pozyskiwane, oraz sposoby ich pozyskiwania,
 - d) wymagających ustalenia stref ochrony ich ostoi lub stanowisk.
2. Właściwe dla poszczególnych gatunków lub grup gatunków grzybów zakazy i odstępstwa od zakazów.
3. Sposoby ochrony gatunków grzybów, w tym wielkość stref ochrony.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 1040/2014 z dn. 25 lipca 2014 r. zmieniające dyrektywę Rady 2001/112/WE odnoszącą się do soków owocowych i niektórych podobnych produktów przeznaczonych do spożycia przez ludzi w celu dostosowania jej załącznika I do postępu technicznego (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 288, s. 1).

Rozporządzenie dopuszcza stosowanie nowych substancji do klarowania soków, tj. „białka roślinne uzyskane z pszenicy, grochu i ziemniaków używane do klarowania”.
2. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1084/2014 z dn. 15 października 2014 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania difosforanów (E 450) jako substancji spulchniającej i regulatora kwasowości w gotowych, surowych ciastach drożdżowych (Tekst mający znaczenie dla EOG)(Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 298, s. 8).

Difosforany – dodatek do żywności E 450 jest dopuszczony do stosowania jako substancja spulchniająca i regulator kwasowości do schłodzonego, gotowego, surowego ciasta drożdżowego do przyrządzania pizzy, quiche, tart i podobnych produktów.
3. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) nr 1083/2014 z dn. 15 października 2014 r. dotyczące zezwolenia na stosowanie preparatu *Enterococcus faecium* DSM 7134 (Bonvital) jako dodatku paszowego dla macior (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 298, s. 5).

Preparat *Enterococcus faecium* DSM 7134 (Bonvital) został dopuszczony w żywieniu macior jako dodatek paszowy.
4. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1092/2014 z dn. 16 października 2014 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania substancji słodzących w niektórych owo-

cowych lub warzywnych produktach do smarowania (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 299, s. 19).

Zmiana dotyczy stosowania aspartamu (E 951), netamu (E 961) i soli aspartamu i acesulfamu w odniesieniu do stosowania jako substancji słodzących w niektórych owocowych lub warzywnych produktach do smarowania.

5. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1093/2014 z dn. 16 października 2014 r. w sprawie zmiany i sprostowania załącznika II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania określonych barwników w aromatyzowanych serach dojrzewających (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 299, s. 22).

Koszenila, kwas karminowy, karminy (E 120), kompleksy miedziowe chlorofili i chlorofilin (E 141), annato, biksyna, norbiksyna (E 160b) i ekstrakt z papryki, kapsantyna, kapsorubina (E 160c), to barwniki, które mogą być stosowane w aromatyzowanych serach dojrzewających).

6. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1098/2014 z dn. 17 października 2014 r. zmieniające załącznik I do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1334/2008 w odniesieniu do niektórych substancji aromatycznych (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 300, s. 41).

Zmiana dotyczy następujących substancji aromatycznych: pirol, 2-acetylo-5-metylopirol, 2-acetylo-2-tiazolina, dihydro-2,4,6-trietylo-1,3,5(4H)-ditiiazyna, [2S-(2a,4a,8ab)] 2,4-dimetylo(4H)pirolidyno[1,2e]-1,3,5-ditiiazina, 2-metylo-2-tiazolina, 2-propionylo-2-tiazolina, tialdyna etylu.

7. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) nr 1108/2014 z dn. 20 października 2014 r. dotyczące zezwolenia na stosowanie preparatu *Clostridium butyricum* (FERM BP-2789) jako dodatku paszowego dla indyków rzeźnych i indyków utrzymywanych w celach hodowlanych (posiadacz zezwolenia: Miyarisan Pharmaceutical Co.Ltd. reprezentowany przez Miyarisan Pharmaceutical Europe S.L.U.) (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 301, s. 16). *Clostridium butyricum* (FERM BP-278) został dopuszczony jako dodatek paszowy do żywienia indyków rzeźnych i indyków utrzymywanych w celach hodowlanych.

8. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) nr 1109/2014 z dn. 20 października 2014 r. dotyczące zezwolenia na stosowanie preparatu *Saccharomyces cerevisiae* CBS 493.94 jako dodatku paszowego dla bydła opasowego, rzadkich gatunków przeżuwaczy rzeźnych, krów mlecznych i rzadkich gatunków przeżuwaczy mlecznych oraz zmieniające rozporządzenia (WE) nr 1288/2004 i (WE) nr 1811/2005 (posiadacz zezwolenia: Alltech France) (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 301, s. 19).

Preparat *Saccharomyces cerevisiae* CBS 493.94 został dopuszczony jako dodatek do żywienia bydła opasowego, rzadkich gatunków przeżuwaczy rzeźnych, krów mlecznych i rzadkich gatunków przeżuwaczy mlecznych.

9. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) nr 1114/2014 z dn. 21 października 2014 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2075/2005 ustanawiające szczególne przepisy dotyczące urzędowych kontroli w odniesieniu do włośieni (*Trichinella*) w mięsie (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L, 2014 r., Nr 302, s. 46).

W rozporządzeniu ustanowiono przepisy dotyczące pobierania próbek z tusz gatunków podatnych na zakażenie włośniem krętym w celu ustalenia statusu gospodarstw i przedziałów oraz warunków przywozu mięsa do Unii. Ustalono w nim ponadto metody referencyjne i metody równoważne służące wykrywaniu włośnia krętego w próbkach z tusz. ☒

NOWE KSIĄŻKI

Improving Food Quality with Novel Food Processing Technologies

[Poprawa jakości żywności dzięki nowoczesnym technologiom jej przetwarzania]

Tokuşoğlu Ö., Swanson B. G. (red.)

Wydawnictwo: CRC Press Taylor & Francis Group, 2014, ISBN 9781466507241, stron 484, cena 108,00 £

Zamówienia: www.crcpress.com

Autorzy zwracają uwagę na rosnące wymagania konsumentów w zakresie jakości żywności oraz jej właściwości prozdrowotnych, stąd branży spożywczej potrzebne są innowacyjne metody przetwarzania żywności. W książce dokonano charakterystyki nowoczesnych metod przetwarzania żywności, m.in. metody wykorzystujące działanie wysokiego ciśnienia (High Pressure Processing – HPP) oraz pulsacyjnego pola elektrycznego (Pulsed Electrical Fields – PEFs), które mogą poprawiać jakość żywności ze względu na jej funkcjonalność, właściwości chemiczne i mikrobiologiczne oraz termin przydatności do spożycia.

Lipids: Nutrition and Health

[Tłuszcze: wartość odżywcza i zdrowie]

Leray C.

Wydawnictwo: CRC Press Taylor & Francis Group, 2014, ISBN 9781482242317, stron 322, cena 63,99 £

Zamówienia: www.crcpress.com

Autor podjął zagadnienia wpływu spożywania tłuszczów na zdrowie, zarówno w codziennym, jak i klinicznym żywieniu. W książce zawarto szczegółową charakterystykę wartości odżywczej kwasów tłuszczowych, triacylogliceroli, fosfolipidów, sfingolipidów, steroli oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D, E, K). Dokonano opisu właściwości biochemicznych tłuszczów oraz zaleceń żywieniowych. Podjęto również zagadnienia wchłaniania tłuszczów, ich metabolizmu, objawów ich niedoboru w organizmie, ich wpływu na zdrowie człowieka.

Hygiene in Food Processing**[Higiena w przetwórstwie żywności]**

Lelieveld H. L. M., Holah J., Napper D.

Wydawnictwo: Woodhead Publishing, 2014, ISBN 978-0-85709-429-2, stron 612, cena 161,25 €

Zamówienia: www.woodheadpublishing.com

Autorzy omówili zagadnienia z zakresu higieny przetwarzania żywności. Zwrócono uwagę na wymagania prawne, potencjalne zagrożenia, które mogą wystąpić w żywności oraz na projektowanie i zarządzanie narzędziami wykorzystywanymi w przetwarzaniu żywności. W pierwszej części książki scharakteryzowano wymagania prawne UE w zakresie higieny żywności oraz źródła zagrożeń bezpieczeństwa żywności. W drugiej części opisano: zasady projektowania zakładu, wyposażenia, sprzętu zgodnie z wymaganiami higienicznymi, weryfikację i certyfikację spełnienia wymagań higienicznych w przetwórstwie żywności, kontrolę zagrożeń z powietrza podczas przetwarzania żywności, kontrolę sprzężonego powietrza i innych gazów używanych w przetwórstwie żywności. W trzeciej części scharakteryzowano zagadnienia zasad higieny w przetwarzaniu żywności: procesy mycia i dezynfekcji, CIP (*Clearing in Place*), zasady higieny dotyczące utrzymania sprzętu, pracowników, procesów i kontroli DDD, pobierania próbek mikrobiologicznych, zbierania i interpretowania danych, zarządzania higieną w przedsiębiorstwach działających na rynku żywności. Książka polecana jest dla profesjonalistów z dziedziny zapewnienia bezpieczeństwa żywności, operatorów na rynku żywności, przedstawicieli instytucji nadzorujących jakość i bezpieczeństwo żywności.

Atlas rozbioru tuszek drobiowych

Olszewski A.

Wydawnictwo: PWRiL, Warszawa 2014, ISBN 978-83-09-01160-6, stron 110, cena 45 zł

Zamówienia: www.pwril.com

W książce scharakteryzowano rozbiór tuszek: kur, indyków, kaczek, gęsi oraz, jako novum, strusi. Omówiono budowę układów kostnego i mięśniowego ptaków oraz sposób rozbioru tuszek drobiowych na elementy kulinarne. Podjęto również zagadnienia wymagań weterynaryjnych dotyczących rozbioru tuszek drobiowych, aspektów zdrowotnych i jakościowych mięsa drobiowego. Książka wzbogacona jest ponad 120 ilustracjami poszczególnych elementów wraz z ich opisem.

Publikacja będzie przydatna dla studentów kierunku technologia żywności i pokrewnych, technologów przemysłu drobiarskiego i mięsnego.

Zarządzanie jakością w przemyśle spożywczym - Podstawowe zagadnienia

Olszewski A.

Wydawnictwo: WNT, 2014, ISBN 978-83-7926-172-7, stron 100, cena 32 zł

Zamówienia: www.wnt.pl

Książka zawiera charakterystykę zarządzania jakością w przemyśle spożywczym. Produkty spożywcze muszą spełniać wymagania bezpieczeństwa zdrowotnego, wymagania klientów oraz tworzyć przewagę konkurencyjną. Książka stanowi kompendium wiedzy z zakresu zarządzania jakością, z uwzględnieniem specyfiki przemysłu spożywczego. Opisano standardy zarządzania jakością oraz sposób ich wdrażania i funkcjonowania, z uwzględnieniem specyfiki branży oraz struktury firmy.

Książka przeznaczona jest dla studentów kierunków związanych z żywnością oraz organizacją procesów produkcyjnych.

Opracowała: Magdalena Niewczas

**XIX SESJA NAUKOWA SEKCJI MŁODEJ KADRY NAUKOWEJ
POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI –
III SESJA MIĘDZYNARODOWA
“FOOD SCIENCE HORIZON – SOMEWHERE SOMETHING INCREDIBLE
IS WAITING TO BE KNOWN”
7 - 9 maja 2014 Warszawa**

Wzorem lat ubiegłych, w dniach 7 - 9 maja 2014 roku w Warszawie odbyła się XIX sesja naukowa, a III międzynarodowa, organizowana przez Sekcję Młodej Kadry Naukowej PTTŻ pod tytułem „FOOD SCIENCE HORIZON – Somewhere something incredible is waiting to be known”. Współorganizatorami tej sesji byli Oddział Warszawski PTTŻ oraz Wydział Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Patronat honorowy nad konferencją objęli prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, Dziekan Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie oraz prof. dr hab. Andrzej Lenart, Przewodniczący Komitet Nauk o Żywności Polskiej Akademii Nauk.

Sesja była kontynuacją wieloletnich spotkań doktorantów i młodych pracowników nauki reprezentujących większość krajowych ośrodków naukowych zajmujących się szeroko rozumianą problematyką nauk o żywności i żywieniu. Poruszane zagadnienia badawcze przedstawiono w wielu aspektach dających pogląd zarówno na wytwarzanie i przetwarzanie żywności, jak i ocenę jakości żywności z zastosowaniem najnowszych metod analitycznych.

Swój udział zaznaczyli przedstawiciele polskich uczelni: SGGW w Warszawie, UP w Poznaniu, UE w Poznaniu, UP we Wrocławiu, UR w Krakowie, UE w Krakowie, Politechniki Łódzkiej, UP w Lublinie, UWM w Olsztynie, IBPRS w Warszawie, ZUT w Szczecinie, Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku oraz IRZiBŻ w Olsztynie oraz goście z zagranicy reprezentujący Marche Polytechnic University in Ancona i Vilnius University i Institute of Applied Research.

Tegoroczne spotkanie, poprzedzone wizytą w Centrum Nauki Kopernik w Warszawie, stworzyło nie tylko możliwość spotkania młodych naukowców, zintegrowania środowiska, ale także prezentacji wyników, wymiany poglądów na ich temat i dysku-

sji. W sesji wzięło udział 115 osób, w tym osoby z ośrodków naukowych we Włoszech i na Litwie.

Wśród zaproszonych gości (wchodzących w skład Komitetu Naukowego), którzy od początku istnienia Sekcji Młodej Kadry Naukowej wspierają nasze konferencje, byli Profesorowie: prof. dr hab., Nina Baryłko-Pikielna, prof. dr, *dr h.c. multi* Antoni Rutkowski, prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska (wiceprezes PTTŻ), prof. dr hab. Tadeusz Sikora (redaktor naczelny czasopisma *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*), prof. dr hab. Henryk Kostyra (IRZiBŻ w Olsztynie) i prof. dr hab. Małgorzata Nogala-Kałucka (UP w Poznań). W skład Komitetu Naukowego weszli także: prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert – dziekan Wydziału Nauk o Żywności SGGW, dr inż. Dorota Nowak – prezes Warszawskiego Oddziału PTTŻ oraz dr hab. Elżbieta Dłużewska (WNoŻ SGGW).

Wygłoszono 3 referaty plenarne, ale swoje osiągnięcia przedstawiali przede wszystkim młodzi przedstawiciele nauki podczas prezentacji ustnych. Wygłoszono ich 43, a podczas sesji posterowej zaprezentowano 85 plakatów. Ze względu na międzynarodowy charakter sesji większość prezentacji ustnych i wszystkie postery przedstawiono w języku angielskim.

W pierwszym dniu sesji bardzo interesujące referaty wygłosili: prof. dr hab. Krzysztof Krygier nt. “Food in Polish media – “centrifuge of nonsense” oraz dr György Karlovits nt. “The secret of the Istrian prosciutto”. Natomiast w drugim dniu sesji referat plenarny wygłosił dr Emanuele Boselli nt. “Impact of low-oxygen processing techniques on the quality of white wines”, reprezentujący Marche Polytechnic University in Ancona.

Spośród osób prezentujących swoje osiągnięcia wyłoniono najlepsze referaty i postery. Za najlepsze wystąpienia ustne w języku angielskim wyróżniono:

- Renatę Jędrkiewicz z Katedry Chemii Analitycznej Politechniki Gdańskiej,
- Magdalenę Niewczas z Katedry Zarządzania Jakością Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie,
- Artura Wiktora z Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Za najlepsze wystąpienia ustne w języku polskim wyróżniono:

- Annę Bryłę z Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
- Ewelinę Mroczek z Katedry Technologii Żywności i Żywnienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
- Monikę Przeor z Wydziału Nauk o Żywności i Żywnieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

W trakcie trwania sesji posterowej wyróżniono prace:

- Pauliny Worsztynowicz z Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
- Macieja Grabowskiego z Wydziału Nauk o Żywności i Rybactwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie,
- Katarzynę Neffe-Skocińską z Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Kolejna XX Sesja Naukowa SMKN PTTŻ odbędzie się w maju 2015 roku. Tym razem ośrodkiem organizującym konferencję będzie Rzeszów.

Katarzyna Marciniak-Łukasiak, Patrycja Komolka

JUBILEUSZ 40-LECIA ODDZIAŁU I WYDZIAŁU TECHNOLOGII ŻYWNOSCI UNIWERSYTETU ROLNICZEGO W KRAKOWIE

W dniu 19 września 2014 roku Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie obchodził jubileusz 40-lecia swojego istnienia. Uroczystości jubileuszowe odbyły się w obiektach Wydziału przy ulicy Bałickiej 122, na które przybyły władze Uczelni: Prorektor ds. Organizacji i Współpracy z Gospodarką prof. Florian Gambuś, Prorektor ds. Nauki i Współpracy Międzynarodowej prof. Stanisław Małek, Prorektor ds. Dydaktycznych i Studenckich prof. Sylwester Tabor oraz Kanclerz Uczelni mgr Tomasz Szanser. W obchodach jubileuszu uczestniczyli także Dziekani z naszej uczelni oraz pokrewnych Wydziałów z Polski. Wśród dostojnych gości obecni byli: prof. Josef Golian z Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze, prof. Werner Praznik z Uniwersytetu Rolniczego w Wiedniu, dr Ladisław Staruch ze Słowackiego Uniwersytetu Technicznego w Bratysławie, a także pracownicy naukowcy z całego kraju i przedstawiciele przemysłu spożywczego. Uroczystości zaszczytli swoją obecnością zasłużeni emerytowani pracownicy naszego Wydziału, córki Profesora Franciszka Nowotnego oraz absolwenci Wydziału.

Obchody jubileuszowe otworzyła i serdecznie powitała wszystkich przybyłych uczestników Dziekan Wydziału, prof. Teresa Fortuna. Następnie poinformowała, że Jubileusz 40-lecia Oddziału i Wydziału Technologii Żywności zbiega się z rocznicami czterech dostojnych Jubilatów: prof. dr h.c. Mieczysława Pałasińskiego, prof. Zofii Lisiewskiej, prof. Krystyny Palki i prof. Bogdana Achrem-Achremowicza oraz z uroczystością odsłonięcia tablicy pamiątkowej poświęconej prof. Franciszkowi Nowotnemu.

W dalszej części uroczystości przedstawiono sylwetki zasłużonych Jubilatów, a następnie kolegium dziekańskie w imieniu społeczności akademickiej Wydziału przekazało Jubilatom podziękowania za ich wieloletnią pracę naukową, dydaktyczną i organizacyjną.

Podczas uroczystości 41 osobom wręczone zostały medale imienia Profesora Franciszka Nowotnego „Za zasługi dla Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie”, przyznane przez Radę Wydziału.

W imieniu władz Uczelni gratulacje i życzenia z okazji Jubileuszu przekazał Prorektor ds. Organizacji i Współpracy z Gospodarką prof. Florian Gambuś.

Kolejnym punktem uroczystości był referat okolicznościowy nt. „Wkład prof. dra hab. Franciszka Nowotnego w naukę o skrobi i technologii żywności”, wygłoszony przez prof. Halinę Gambuś. W przedstawionej prezentacji szczegółowo ukazano życiorys Profesora Nowotnego i Jego działalność badawczą i dydaktyczno-organizacyjną. Drugi referat „Wydział Technologii Żywności – historia, teraźniejszość, przyszłość” przedstawiła prof. Teresa Fortuna. Pani Dziekan przypomniła historię nauczania przedmiotów związanych z przetwórstwem żywności w Krakowie, która sięga Uniwersytetu Jagiellońskiego, gdzie w 1949 roku utworzono specjalizację z zakresu technologii rolnej. Zapoczątkowano tym samym tworzenie placówki naukowo-badawczej prowadzącej działalność w obszarze technologii żywności. Przedwczesna śmierć Profesora F. Nowotnego uniemożliwiła realizację planów zmierzających do utworzenia Wydziału Technologii Żywności w Krakowie. Inicjatywę tę kontynuował prof. Mieczysław Pałasiński, najbliższy współpracownik Profesora Nowotnego.

Dopiero w 1974 roku utworzono Oddział Technologii Żywności przy Wydziale Rolniczym Akademii Rolniczej w Krakowie. Po 20 latach funkcjonowania Oddziału Technologii Żywności, w 1994 roku powołano samodzielny Wydział Technologii Żywności Akademii Rolniczej w Krakowie, który już w 1995 roku uzyskał uprawnienia akademickie do nadawania stopnia doktora i doktora habilitowanego nauk rolniczych, w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Doniosłym wydarzeniem w historii Wydziału była realizacja inwestycji (w latach 1997 - 2005) nowego budynku przy ul. Balickiej 122, gdzie zlokalizowano wszystkie jego jednostki, a baza lokalowa, dydaktyczna oraz wyposażenie aparaturowe, komputerowe i audiowizualne znacznie się polepszyły.

W ciągu mijających lat Oddział i Wydział Technologii Żywności bardzo dynamicznie się rozwijał. Zarówno jego struktura, jak również oferta dydaktyczna i badawcza zmieniały się w zależności od potrzeb rynku. Nastąpił szybki rozwój kadry naukowej oraz znacząco wzrosła liczba studentów. Obecnie na Wydziale zatrudnionych jest 145 pracowników, w tym 32 profesorów i doktorów habilitowanych oraz 75 adiunktów, wykładowców i asystentów prowadzących zajęcia dydaktyczne. Aktualnie na Wydziale kształci się ponad 1800 studentów i 57 doktorantów.

Prace naukowo-badawcze realizowane są w 10 katedrach z zakresu przetwórstwa surowców pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, technicznych i technologicznych uwarunkowań procesów produkcji żywności, higieny żywności, żywienia człowieka i wielu innych pokrewnych zagadnień. Wydział Technologii Żywności może również pochwalić się znacznymi osiągnięciami w upowszechnianiu nauki, w tym organizacją sympozjów i konferencji naukowych o zasięgu regionalnym, ogólnopolskim i międzynarodowym. Pracownicy Wydziału mają znaczące osiągnięcia udokumentowane dużą

liczbą publikacji wydanych w renomowanych czasopismach zagranicznych, aktywnie biorą udział w międzynarodowych kongresach i konferencjach naukowych, a także współpracują z ważnymi ośrodkami naukowymi. Na podstawie przeprowadzonej kompleksowej oceny działalności jednostek naukowych za okres 2009 - 2012 Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego przyznało Wydziałowi Technologii Żywności w 2013 roku kategorię naukową A (poziom bardzo dobry).

W okresie 40-lecia opublikowano 1954 oryginalne prace twórcze, około 600 popularno-naukowych, około 450 prac wdrożeniowych i ekspertyz, 36 podręczników i skryptów oraz 45 patentów i wzorów użytkowych. Na podkreślenie zasługują prace publikowane w renomowanych czasopismach zagranicznych (670), w tym 402 z tzw. listy filadelfijskiej.

Oferta dydaktyczna Wydziału obejmuje obecnie cztery kierunki studiów prowadzonych samodzielnie oraz jeden realizowany łącznie z innymi Wydziałami. W dalszym ciągu podejmowane są wysiłki zmierzające do poszerzenia, uatrakcyjnienia oraz dostosowywania oferty dydaktycznej do oczekiwań rynku pracy. Wydział oferuje również gamę studiów podyplomowych, a począwszy od roku akademickiego 2014/2015 także kształcenie w języku angielskim. Wydział Technologii Żywności może się pochwycić pozytywną oceną jakości kształcenia na kierunku technologia żywności i żywienie człowieka dokonaną przez Państwową Komisję Akredytacyjną w 2010 roku. Natomiast Polska Komisja Akredytacyjna w 2013 roku wydała pozytywną ocenę kształcenia studentów na kierunku towaroznawstwo.

Cechą charakterystyczną Wydziału są ściśle powiązania z przemysłem i gospodarką regionalną. W 2012 roku została reaktywowana Społeczna Rada Konsultacyjna, której zadaniem jest opiniowanie i udoskonalanie programów kształcenia tak, aby przyszły absolwent był jak najlepiej przygotowany do pracy zarówno w przemyśle, jak i w instytucjach kontroli jakości żywności czy placówkach działających w obszarze zdrowia.

Wydział Technologii Żywności łączy bardzo silna więź z Absolwentami, ponieważ Oni są najlepszym świadectwem i rekomendacją środowiska swojego kształcenia.

Niezwykle ważnym celem strategicznym Wydziału jest utrzymanie wysokiej pozycji naukowej przez dalszy rozwój badań naukowych i podjęcie starań o uzyskanie projektów badawczych oraz motywację pracowników do uzyskiwania kolejnych stopni i tytułów naukowych. Istotne jest dalsze rozszerzenie oferty dydaktycznej oraz rozwój współpracy i wymiany międzynarodowej. Wydział zamierza stymulować postęp i innowacyjność w przetwórstwie spożywczym makroregionu poprzez inwestycję „Centrum: Żywność Prozdrowotna” przewidzianą do realizacji w ramach planowanego Małopolskiego Parku Technologicznego.

Na zakończenie wystąpienia Pani Dziekan złożyła podziękowania Władzom Uczelni oraz wszystkim Osobom, które przyczyniły się do rozwoju Oddziału i Wydziału Technologii Żywności.

W dalszej części uroczystości, w imieniu absolwentów głos zabrała mgr inż. Barbara Wałaszek, wspominając okres studiów i podkreślając silną więź ze swoimi nauczycielami. Następnie na ręce Pani Dziekan Wydziału przekazano listy gratulacyjne i życzenia, za które prof. Teresa Fortuna złożyła serdeczne podziękowania.

Uroczystościom jubileuszowym towarzyszyły dwie wystawy – pierwsza w czytelnicy, prezentująca działalność Profesora Franciszka Nowotnego oraz poszczególnych jednostek Wydziału oraz druga – fotograficzna – w holu budynku: „40 lat mięło, jak jeden dzień”. Obchody jubileuszu były okazją do spotkań absolwentów z pracownikami w Katedrach. Po zakończeniu oficjalnej uroczystości uczestnicy mogli spotkać się z Jubilatami w sali posiedzeń Rady Wydziału.

Na zakończenie uroczystości, wieczorem odbyło się spotkanie koleżeńskie pracowników, absolwentów i zaproszonych gości, w którym wzięło udział około 250 osób. Dla uczestników spotkania organizatorzy przygotowali niespodziankę - występ Krzysztofa Piaseckiego.

Prof. dr hab. Teresa Fortuna

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

PROF. DR HAB. TADEUSZ GREGA 1950 - 2014



Dnia 15 listopada 2014 r. społeczność akademicka Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie poniosła dotkliwą stratę. Z grona profesorów naszej uczelni odszedł nagle prof. dr hab. Tadeusz Grega, wieloletni pracownik Katedry Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych Wydziału Technologii Żywności, specjalista z zakresu hodowli bydła oraz produkcji i przetwórstwa mleka, naukowiec, wynalazca, wychowawca nowych pokoleń naukowców, dobry, skromny i życzliwy ludziom Człowiek.

Prof. dr hab. Tadeusz Grega urodził się 1 lipca 1950 roku w Krakowie. Studia na Wydziale Zootechnicznym Akademii Rolniczej w Krakowie ukończył w 1973 roku. Po studiach został zatrudniony w Zakładzie Fizjologii Zwierząt Instytutu Zootechniki w Krakowie. W 1980 roku obronił pracę doktorską pt. „Czynniki fizjologiczno-morfologiczne warunkujące szybkość oddawania mleka u krów”, wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. Zygmunta Ewy’ego. W tym samym roku przeszedł do pracy w Instytucie Hodowli i Technologii Produkcji Zwierzęcej Akademii Rolniczej w Krakowie, początkowo w Laboratorium Instytutu, a następnie w Zakładzie Hodowli Bydła, gdzie zajmował się zagadnieniami jakości mleka oraz zdrowotności wymion krów. Stopień doktora habilitowanego uzyskał na Wydziale Zootechnicznym AR w Krakowie w 1990 roku na podstawie rozprawy pt. „Możliwości praktycznego zastosowania przewodności elektrycznej mleka krów do diagnozowania różnych form subklinicznego zapalenia wymienia”. W 1993 roku prof. T. Grega rozpoczął pracę w Katedrze Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych Oddziału, a następnie Wydziału Technologii Żywności Akademii Rolniczej w Krakowie, gdzie pracował do swojej śmierci. W 1998 roku uzyskał stanowisko profesora AR, w 2004 roku tytuł naukowy profesora nauk rolniczych, w roku 2013 stanowisko profesora zwyczajnego.

Dorobek naukowy Profesora obejmuje łącznie 263 pozycje, w tym 152 oryginalne prace naukowe. Prace publikował m.in. w takich czasopismach, jak: *International Dairy Journal*, *Journal of Polymers and the Environment*, *Molecules*, *International Journal of Food Properties*, *Journal of Food Composition and Analysis*, *Food Science and Technology International*, *Food Technology and Biotechnology*.

W okresie ostatnich 20 lat pracy tematyka badawcza prof. dr hab. Tadeusza Gregi skupiała się głównie na zagadnieniach modyfikacji składu mleka krowiego w celu zwiększenia jego wartości odżywczej oraz przetwórczej, wpływu czynników genetycznych i środowiskowych na prozdrowotne właściwości mleka różnych gatunków zwierząt gospodarskich, otrzymywania i oceny produktów mleczarskich z dodatkiem składników pochodzenia zwierzęcego i roślinnego oraz żywieniowego jak i nieżywieniowego wykorzystania mleka, serwatki oraz koncentratów białek serwatkowych.

Prof. dr hab. Tadeusz Grega przebywał na wielu stażach naukowych m.in. na Słowacji, w Czechach, w Szkocji, w Irlandii, w Belgii i w Niemczech.

Profesor był pełen pomysłów, rozwiązań racjonalizatorskich i cennych inicjatyw, czego dowodem może być opracowanie wzoru patentowego na układ elektroniczny urządzenia do wykrywania podklinicznych stanów zapalnych wymion krów. Uzyskał także patenty z zakresu wykorzystania serwatki i białek serwatkowych w kosmetyce.

Jako nauczyciel akademicki wykładał takie przedmioty, jak: *Biologiczne podstawy produkcji zwierzęcej*, *Mleko i koncentraty mleczne*, *Nadzór weterynaryjny nad żywnością pochodzenia zwierzęcego*, *Rola mleka w żywieniu człowieka* czy *Pozażywniowe wykorzystania mleka*. Prowadził także ćwiczenia i seminaria. Wypromował ponad 80 magistrów i 50 inżynierów. Był założycielem i wieloletnim opiekunem Koła Naukowego Technologów Żywności oraz Sekcji Technologii Mleczarskiej, a także pomysłodawcą, głównym organizatorem i kierownikiem Studiów Podyplomowych „Postęp w technologii mleczarskiej”. Oprócz naszego uniwersytetu Profesor wykładał również w Wyższej Szkole Gospodarczej i Państwowej Wyższej Szkole Wschodnioeuropejskiej w Przemyśle. Na szczególne podkreślenie zasługuje wkład Profesora w rozwój młodej kadry naukowej. Przyznać trzeba, że potrafił „wyłować” z grona studentów szczególnie uzdolnionych młodych ludzi, o predyspozycjach do pracy naukowej. Starał się nie tylko inspirować ich naukowo, ale także pomagał w sprawach życiowych. Wypromował ogółem 7 doktorów, z których 5 pracuje w jednostkach naukowych w Krakowie i Rzeszowie, kontynuując dzieło Profesora, a dwoje przygotowuje się do habilitacji. Profesor recenzował także 5 prac doktorskich 3 prace habilitacyjne oraz dorobek na tytuł profesora.

Profesor T. Grega przywiązywał dużą wagę do działalności upowszechnieniowej i współpracy ze środowiskiem producentów i drobnych przetwórców mleka. Był członkiem Społecznej Rady Doradztwa Rolniczego przy Urzędzie Wojewódzkim w Krakowie (1996 -1999), Społecznej Rady Mleczarskiej przy Wojewodzie Krakow-

skim (1999 - 2001), Wojewódzkiej Komisji do Spraw Ocen Oddziaływania na Środowisko przy Województwie Małopolskim (2003). We współpracy z Ośrodkami Doradztwa Rolniczego na terenie Polski Południowej organizował i często prowadził szkolenia z zakresu produkcji i przetwórstwa mleka. Koordynował i prowadził szkolenia pt. „Mleko i produkty mleczarskie” w ramach programu Tempus. Był stałym konsultantem naukowym instytucji związanych z przemysłem rolno-spożywczym, m.in. KOPR w Krakowie, Wydziału Rolnictwa UW w Krakowie, Alfa-Laval Agri we Wrocławiu, Izby Rolniczej w Krakowie, ARiMR w Krakowie.

Prof. T. Grega brał aktywny udział także w działalności organizacyjnej na rzecz wydziału i uczelni. Był członkiem lub przewodniczącym wielu komisji wydziałowych i uczelnianych, organizował ponadto sympozja i konferencje naukowe, m.in. był pomysłodawcą i głównym organizatorem seminarium pt. „Postęp w technologii mlecznych napojów fermentowanych” w Krakowie w 1994 r. oraz przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego XXX Sesji Naukowej KTChŻ PAN w Krakowie w 1999 r.

Za swoją pracę i osiągnięcia uzyskał indywidualną i zespołową nagrodę Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, Nagrodę Prezydenta Miasta Krakowa, nagrody Ministra Urzędu ds. Postępu i Wdrożeń oraz Przewodniczącego NK ZSL oraz wielokrotnie nagrody JM Rektora Akademii Rolniczej/Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Był odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi oraz Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

Środowisko naukowe technologów żywności poniosło ogromną stratę, tym boleśniej, że odszedł od nas Człowiek w pełni sił twórczych, przed którym była jeszcze bogata przyszłość. Katedra, Wydział i Uczelnia straciły cenionego pracownika naukowego, nauczyciela akademickiego i wychowawcę wielu pokoleń młodzieży, człowieka oddanego swej pracy, a przy tym skromnego i pełnego życzliwości. Takim pozostanie zawsze w naszej pamięci.

Pogrzeb Profesora Tadeusza Gregi odbył się 21 listopada 2014 r. na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie.

Opracował prof. dr hab. inż. Jacek Domagała

Powyższe wspomnienie zostało również opublikowane w Biuletynie Informacyjnym UR.

TECHNOLOG ŻYWNOSCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 24 Nr 6

grudzień 2014

DZIAŁALNOŚĆ TOWARZYSTWA

Zarząd Główny

Wiceprezes Towarzystwa, prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska wzięła udział, jako członek Komitetu Honorowego, w IX Międzynarodowym Forum Suplementów Diety, organizowanym przez Europejskie Stowarzyszenie Promocji Zdrowia „PRO-SALUTEM” w dniach 21 - 22.11.2014 r. w Warszawie.

Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, jako lider konsorcjum realizującego projekt „Model ograniczania strat i marnowania żywności z korzyścią dla społeczeństwa – MOST”, złożyło pierwsze sprawozdanie finansowe pozwalające na uzyskanie uzupełnienia funduszy przewidzianych na rok 2014.

WAŻNIEJSZE MIĘDZYKRAJOWE I KRAJOWE KONFERENCJE NAUKOWE W 2015 r.

Czerwiec

17 – 19 KRAKÓW – NIEPOŁOMICE = IX Krajowa Konferencja Naukowa i II Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. „Funkcjonowanie i doskonalenie systemów zarządzania”.

Organizatorzy: Katedra Zarządzania Jakością Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie przy współudziale European Organization for Quality.

Informacje: www.quality.uek.krakow.pl

Kontakt: quality@uek.krakow.pl

25 – 26 LUBLIN = XLII Sesja Naukowa Komitetu Nauk o Żywności Polskiej Akademii Nauk „Żywność – zdrowie – przyszłość”.

Organizatorzy: KNoŻ PAN, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności
Informacje: www.sesjapan.up.lublin.pl
Kontakt: sesjapan@up.lublin.pl

Wrzesień

8 - 12 RIO DE JANEIRO - BRAZIL = 9th International Conference on Predictive Modelling in Food.

Organizatorzy: The 9th International Conference on Predictive Modelling in Foods is organised by Elsevier in association with International Committee of Predictive Modelling in Food.

20 – 22 Sopot – Gdańsk = Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. „Jakość i jej zastosowania”.

Organizatorzy: Politechnika Gdańska i Uniwersytet Gdański.
Informacje: www.qualitygdansk.eu
Kontakt: qualitygdansk@zie.pg.gda.pl

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTI

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 6 (97)/2014 Biuletynu podano według stanu informacji do 15 grudnia 2014 r. Materiały do Nr 1 (98)/2015 prosimy nadsyłać do 1 lutego 2015 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>

SPIS TREŚCI
CZASOPISMA „ŻYWNOŚĆ”
NR 92–97

Wykaz opublikowanych materiałów

Nr 92

Od Redakcji	3
<i>Anna Wlazły, Zdzisław Targoński</i> : Wykorzystanie oznaczeń stosunków stabilnych izotopów wybranych pierwiastków w ocenie autentyczności produktów pochodzących z upraw ekologicznych.....	5
<i>Marek Siwulski, Krzysztof Sobieralski, Iwona Sas-Golak</i> : Wartość odżywcza i prozdrowotna grzybów	16
<i>Monika Wszolek, Magda Filipczak-Fiutak, Jacek Domagała</i> : Skład i właściwości mleka oślego	29
<i>Beata Paszczyk, Maria Czerniewicz, Waldemar Brandt</i> : Skład kwasów tłuszczowych, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości kwasu <i>cis9trans11</i> C18:2 (CLA) oraz izomerów <i>trans</i> kwasu C18:1 i C18:2 w mleku oraz wyprodukowanych z niego kefirach i jogurtach.....	41
<i>Bartosz Solowiej, Agnieszka Dylewska, Marta Tomczyńska-Mleko, Stanisław Mleko</i> : Wpływ skrobi modyfikowanych na teksturę i topliwosć analogów serów topionych.....	52
<i>Jarosław Kowalik, Kamil Adamczewski, Stefan Ziajka</i> : Szacowanie wzrostu liczby komórek <i>Listeria monocytogenes</i> w serze mozzarella z wykorzystaniem urządzenia impedymetrycznego	66
<i>Małgorzata Kowalska, Anna Żbikowska, Krzysztof Śmiechowski, Katarzyna Marciniak-Lukasiak</i> : Wpływ ilości lecytyny słonecznikowej i czasu homogenizacji na stabilność emulsji spożywczej zawierającej olej z orzechów włoskich	78
<i>Anna Zadernowska, Wioleta Chajęcka-Wierzchowska, Lucyna Kłębukowska</i> : Fluorescencyjna hybrydyzacja <i>in situ</i> jako alternatywna metoda oznaczania obecności pałeczek <i>Salmonella</i> sp. w mięsie drobiowym.....	92
<i>Barbara Sionek, Danuta Kołożyn-Krajewska, Izabela Pasternok</i> : Przeżywalność bakterii o właściwościach probiotycznych w kielbasach surowo dojrzewających w czasie chłodniczego przechowywania.....	103
<i>Ewa Jabłońska-Ryś, Waldemar Gustaw, Agnieszka Latoch</i> : Ocena przydatności technologicznej wybranych odmian jabłek pod względem potencjału brązowienia.....	114
<i>Paulina Nowicka, Mirosława Teleszko, Aneta Wojdyło, Jan Oszmiański</i> : Ocena walorów sensorycznych i wartości żywieniowej przecieru aroniowego z dodatkiem wyłoków z <i>Inu</i> i suszonych liści stevia.....	124
<i>Agnieszka Szparaga, Adam Kopeć, Ewa Czerwińska</i> : Wpływ odwadniania osmotycznego i zamrażalniczego przechowywania na stan mikrobiologiczny slipek rozmrażanych w komorze próżniowo-parowej.....	137
<i>Magdalena Jeszka-Skowron, Ewa Flaczyk, Joanna Kobus-Cisowska, Alicja Kośmider, Danuta Górecka</i> : Optymalizacja procesu ekstrakcji związków fenolowych o aktywności przeciwdrobnikowej z liści morwy białej za pomocą metody płaszczyzny odpowiedzi (RSM)	148

<i>Bartosz Kruszewski, Aleksandra Jedlińska, Michał Antczak, Edyta Lipińska, Dorota Witrowa-Rajchert:</i> Nowa metoda otrzymywania proszków miodowych oraz ocena ich aktywności biologicznej.....	160
<i>Magdalena Fajarczuk, Anna Czubašek, Agata Wojciechowicz-Budysz, Mirosław Żmijewski:</i> Wpływ preparatów enzymatycznych i metody wypieku na wybrane cechy chleba pszenno-owsianego.....	173
<i>Stanisław Kowalski, Marcin Łukasiewicz:</i> Wpływ warunków wypieku kruchych ciastek na powstawanie wybranych pochodnych furanowych oraz zmianę potencjału antyoksydacyjnego	187
<i>Dariusz Kikut-Ligaj:</i> Prognozowanie smaku gorzkiego chromonów i furochromonów na podstawie prostego modelu farmakoforowego (SPM).....	200
<i>Henryk Kostyra, Elżbieta Kostyra:</i> Interakcje składników żywności	215
<i>Grażyna Morkis:</i> Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	218
<i>Magdalena Niewczas:</i> Nowe książki	220
Twórcy polskiej nauki o żywności.....	222
Technolog Żywności	226

Nr 93

Od Redakcji	3
<i>Paulina Nowicka, Aneta Wojdyło, Jan Oszmiański:</i> Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej i skuteczne metody ich eliminacji.....	5
<i>Anna Dudzińska, Jacek Domagała, Monika Wszolek:</i> Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na podstawowe składniki mleka	19
<i>Maciej Nastaj, Bartosz Sołowiej, Waldemar Gustaw:</i> Właściwości fizykochemiczne bez wysokobiałkowych otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych.....	33
<i>Tomasz Daszkiewicz, Cezary Purwin, Stanisław Milewski, Zenon Tański, Rafał Winarski, Dorota Kubiak, Natalia Hnatyk, Milena Koba-Kowalczyk:</i> Jakość mięsa jagniąt rasy kamienieckiej pochodzącego z różnych elementów tuszy	48
<i>Dorota Kowalska, Andrzej Gugolek, Paweł Bielański:</i> Zależności między otłuszczeniem tuszki a zawartością tłuszczu śródmięśniowego, profilem kwasów tłuszczowych i kruchością mięsa królików.....	58
<i>Bożena Waszkiewicz-Robak, Arkadiusz Szterk, Mateusz Rogalski, Monika Kruk, Ewelina Rokowska, Magdalena Zarodkiewicz, Jakub Mikiciuk:</i> Wpływ procesu wędzenia wyrobów wieprzowych otrzymanych z mięsa o różnej jakości początkowej na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych	73
<i>Karolina M. Wójciak, Zbigniew J. Dolatowski, Danuta Kołożyn-Krajewska:</i> Stabilność oksydacyjna ekologicznej kiełbasy surowo dojrzewającej z dodatkiem probiotycznego szczepu <i>Lactobacillus casei</i> ŁOCK 0900 i serwatki kwasowej	93
<i>Magdalena Michalczyk, Joanna Banaś:</i> Wpływ olejków eterycznych z wybranych roślin przyprawowych na stabilność oksydacyjną przechowywanego smalcu wieprzowego	110
<i>Marzena A. Przybysz, Arkadiusz Szterk, Monika Zawisła, Elżbieta Dłużewska:</i> Wpływ procesu mikrokapsułkowania i dodatku przeciwutleniaczy na stabilność oleju rybnego.....	123
<i>Barbara Chilczuk, Irena Perucka, Małgorzata Materska, Halina Buczkowska:</i> Zawartość luteiny, zeaksantyny i β -karotenu w liofilizowanych owocach wybranych odmian <i>Cucurbita maxima</i> D.	139
<i>Jacek Słupski, Anna Korus:</i> Wpływ mrożenia i sterylizacji na zawartość aminokwasów i jakość białka w produktach z nasion fasoli zwyczajnej (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) o niepełnej dojrzałości.....	151
<i>Jolanta Gawalek, Przemysław Bartczak:</i> Wpływ warunków suszenia rozpyłowego soku buraka ćwikłowego na wybrane właściwości otrzymywanego proszku	164

<i>Krzysztof Buksa</i> : Komponowanie składu mąki żytniej służącej do wypieku modelowych chlebów żytnich metodą bezpośrednią	175
<i>Helena Panfil-Kuncewicz, Anna Lis, Monika Majewska</i> : Wpływ opakowań aktywnych na trwałość mikrobiologiczną i cechy sensoryczne serów twarogowych	190
<i>Justyna Batkowska, Antoni Brodacki</i> : Wpływ mycia skorupy na wybrane cechy jakości jaj kurzych w czasie przechowywania	204
<i>Marzena Jeżewska-Zychowicz</i> : Konsumencka percepcja korzyści z konsumpcji żywności wysokiej jakości	214
<i>Małgorzata Wrzosek, Beata Bilśka, Danuta Kołożyn-Krajewska, Karol Krajewski, Anna Kondraszuk</i> : Określenie skali i przyczyn strat żywności w handlu detalicznym na przykładzie mleka i jego przetworów ...	225
<i>Henryk Kostyra, Elżbieta Kostyra</i> : Interakcje składników żywności	239
<i>Grażyna Morkis</i> : Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	242
<i>Magdalena Niewczas</i> : Nowe książki	245
Twórcy polskiej nauki o żywności	247
Technolog Żywności	251

Nr 94

Od Redakcji	3
<i>Krzysztof Dwiecki, Małgorzata Nogala-Kałucka, Krzysztof Polewski</i> : Zastosowanie kropek kwantowych do oznaczania składników i zanieczyszczeń żywności	5
<i>Joanna Sadowska, Magda Rygielska</i> : Technologiczne i zdrowotne aspekty stosowania syropu wysokofruktozowego do produkcji żywności	14
<i>Anna Dudzińska, Jacek Domagała, Monika Wszolek</i> : Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na mikroorganizmy występujące w mleku i na właściwości mleka	27
<i>Justyna Kozioł, Waldemar Gustaw, Adam Waśko, Katarzyna Skrzypczak, Aneta Sławińska, Bartosz Solowiej</i> : Wpływ wybranych preparatów białek mleka na wzrost i przeżywalność <i>Lactobacillus acidophilus</i> oraz właściwości reologiczne mlecznych napojów fermentowanych	41
<i>Adriana Nowak</i> : Wzrost i przeżywalność bakterii probiotycznych w obecności heterocyklicznych amin aromatycznych	56
<i>Bartosz Solowiej, Maciej Nastaj, Waldemar Gustaw</i> : Ocena właściwości fizykochemicznych analogów serów topionych z dodatkiem mączki chleba świętojańskiego	65
<i>Ewa Iwańska, Bożena Grześ, Edward Pospiech, Beata Mikołajczak, Anita Szychaj</i> : Zmiany udziału białek w wycieku wirówkowym z mięsa buhajków różnych ras i w różnym wieku, w czasie dojrzewania wołowiny	78
<i>Anna Okoń, Zbigniew J. Dolatowski</i> : Wpływ bakterii probiotycznych na profil wolnych aminokwasów i cechy sensoryczne polędwice wieprzowych surowo dojrzewających podczas przechowywania	92
<i>Monika Skwarek, Zbigniew J. Dolatowski, Danuta Kołożyn-Krajewska</i> : Wpływ naparu zielonej herbaty i sproszkowanej papryki na barwę probiotycznych szynek surowo dojrzewających	108
<i>Aneta Cegielka, Natalia Kuczyńska, Dorota Pietrzak</i> : Zastąpienie surowca wieprzowo-wołowego w kielbasach homogenizowanych przez mięso drobiowe oddzielone mechanicznie, uzyskane po separacji wysoko- i niskociśnieniowej	123
<i>Urszula Krupa-Kozak, Natalia Bączek, Justyna Adamowicz</i> : Wpływ kazeinianu i cytrynianu wapnia na jakość i właściwości technologiczne chleba bezglutenowego	136

<i>Danuta Boros, Damian Gołębiewski, Kinga Myszk:</i> Wstępne badania ziarna wybranych rodów hodowlanych pszenicy jako surowca do słodowania	151
<i>Iwona Drożdż, Magdalena Słowik, Paweł Sroka, Małgorzata Makarewicz:</i> Wpływ <i>Oenococcus oeni</i> na parametry enologiczne polskich win gronowych	165
<i>Aleksandra Jedlińska, Bartosz Kruszewski, Michał Antczak, Edyta Lipińska, Dorota Witrowa-Rajchert:</i> Nowa metoda otrzymywania proszków miodowych i ich właściwości fizyczne.....	179
<i>Eugenia Czernyszewicz, Małgorzata Wiśniewska:</i> Uwarunkowania wdrażania systemów zapewnienia jakości owoców w Polsce.....	190
<i>Henryk Kostyra, Elżbieta Kostyra:</i> Interakcje składników żywności	206
<i>Grażyna Morkis:</i> Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	209
<i>Magdalena Niewczas:</i> Nowe książki	212
<i>Twórcy polskiej nauki o żywności</i>	214
<i>Prof. dr hab. Włodzimierz Grajek</i> doktorem <i>honoris causa</i> Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu	217
<i>Technolog Żywności</i>	222

Nr 95

<i>Od Redakcji</i>	3
<i>Barbara Sokołowska:</i> <i>Alicyclobacillus</i> – termofilne kwasolubne bakterie przetrwalnikujące – charakterystyka i występowanie	5
<i>Iwona Szot, Tomasz Lipa, Bożena Sosnowska:</i> Jagoda kamczacka – właściwości prozdrowotne owoców i możliwości ich zastosowania	18
<i>Dorota Kluszczyńska, Wanda Sowińska:</i> Wpływ procesów technologicznych na zawartość substancji bioaktywnych w owocach borówki czernicy	30
<i>Lubomira Broniarz-Press, Jacek Różański, Sylwia Różańska, Joanna Kmieciak:</i> Właściwości reologiczne warstwy powierzchniowej cieczy wybranych piw komercyjnych	43
<i>Urszula K. Rafalska, Anna Kamińska-Dwórznička:</i> Wpływ dodatku wybranych biopolimerów na parametry procesu zamrażania modelowego roztworu sacharozy.....	53
<i>Anna Chlebowska-Śmigiel, Małgorzata Gniewosz, Jacek Wilczak, Dariusz Kamola:</i> Wpływ dodatku pullulanu na wzrost i zdolności fermentacyjne wybranych bakterii z rodzaju <i>Lactobacillus</i>	63
<i>Karol Mińkowski, Artur Kalinowski, Anna Krupska:</i> Wpływ sposobu przygotowania nasion oraz dławienia masy nasiennej w prasie ślimakowej na parametry procesu tłoczenia i cechy jakościowe oleju lnianego	75
<i>Katarzyna Janda, Agata Markowska-Szczupak, Antoni W. Morawski:</i> Wpływ aktywności wody i temperatury na wzrost oraz aktywność lipolityczną szczepów <i>Penicillium chrysogenum</i> w pożywkach płynnych z olejami roślinnymi.....	88
<i>Jolanta Tomaszewska-Gras:</i> Wpływ prędkości schładzania tłuszczu mlecznego na proces krystalizacji zawartych w nim triacylogliceroli	97
<i>Zygmunt Litwińczuk, Monika Kowal, Joanna Barłowska:</i> Podstawowy skład chemiczny oraz udział kwasów tłuszczowych i zawartość cholesterolu w mleku krów czterech ras użytkowanych w intensywnych technologiach chowu	108
<i>Iwona Chwastowska-Siwiecka, Joanna Kaliniewicz, Jacek Kondratowicz, Natalia Skiepmo:</i> Wpływ czasu zamrażalniczego przechowywania i metody rozmrażania na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego mięsa króliczego	122

<i>Stanisław Wajda, Jacek Kondratowicz, Ewa Burczyk, Rafał Winarski</i> : Wydajność rzeźna i jakość mięsa tusz buhajków zakwalifikowanych w systemie EUROP do różnych klas uformowania.....	136
<i>Piotr Szymański, Danuta Kołożyn-Krajewska</i> : Efektywność szczepu bakterii <i>Staphylococcus carnosus</i> ATCC51365 w zakresie redukcji azotanów(V) w środowisku mięsnym.....	148
<i>Justyna Libera, Zbigniew J. Dolatowski</i> : Wpływ bakterii probiotycznych <i>Lactobacillus acidophilus</i> (Bauer) i <i>Bifidobacterium bifidum</i> na zmiany tłuszczu w mięsnych wyrobach surowo dojrzewających podczas przechowywania.....	160
<i>Anna Bagnowska, Lucjan Krala, Agnieszka Nowak, Joanna Oracz</i> : Właściwości przeciwutleniające chitozanu w kielbasach bez dodatku azotanu(III).....	173
<i>Wiesława Grześnińska, Marzena Tomaszewska, Beata Bilka, Joanna Trafiałek</i> : Optymalizacja uwarunkowań wyboru systemu dystrybucji posiłków w żywieniu szpitalnym.....	188
<i>Henryk Kostyra, Elżbieta Kostyra</i> : Interakcje składników żywności.....	201
<i>Grażyna Morkis</i> : Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	204
<i>Magdalena Niewczas</i> : Nowe książki.....	206
<i>Technolog Żywności</i>	208

Nr 96

<i>Od Redakcji</i>	3
<i>Anna Dobosz, Marek Sikora, Magdalena Krystyan</i> : Retrogradacja skrobi z dodatkiem i bez dodatku nieskrobiowych hydrokoloidów polisacharydowych – metody pomiaru i ich zastosowanie.....	5
<i>Danuta Jaworska, Wiesław Przybylski</i> : Wpływ wybranych czynników warunkujących jakość sensoryczną wieprzowiny.....	21
<i>Dagmara Głód, Marek Adamczak, Włodzimierz Bednarski</i> : Wybrane aspekty zastosowania nanotechnologii w produkcji żywności.....	36
<i>Zygmunt Litwińczuk, Mariusz Florek, Piotr Domaradzki, Paweł Żółkiewski</i> : Właściwości fizykochemiczne mięsa buhajków trzech rodzimych ras – polskiej czerwonej, białogrzebkiej i polskiej czarno-białej oraz simentalskiej i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej.....	53
<i>Krzysztof Szkucik, Michał Gondek, Zbigniew Belkot, Krystyna Kurska</i> : Zawartość selenu w mięśniach i narządach wewnętrznych koni rzeźnych w zależności od ich wieku i płci.....	63
<i>Andrzej Tyburcy, Iwona Ścibisz, Ewelina Rostek, Anna Pasierbiewicz, Tomasz Florowski</i> : Przeciwutleniające właściwości soków z żurawiny i z róży w produktach z mięsa rozmrożonego.....	72
<i>Krystyna Gutkowska, Paweł Jankowski, Marta Sajdakowska, Sylwia Żakowska-Biemans, Iwona Kowalczyk</i> : Kryteria różnicujące zachowania konsumentów wobec produktów żywnościowych na przykładzie mięsa i przetworów mięsnych.....	85
<i>Magdalena Stanek, Zbigniew Borejszo, Janusz Dąbrowski, Bogdan Janicki</i> : Wybrane parametry jakości mięsa babki szczupłej (<i>Neogobius fluviatilis pallas</i>) odłowionej z Wisły.....	101
<i>Tomasz Krzywiński, Zdzisław Domiszewski, Grzegorz Tokarczyk, Grzegorz Bienkiewicz</i> : Ocena przydatności mięsa ryb małowartościowych do produkcji żywności przekąskowej.....	111
<i>Elżbieta Gujska, Marta Czarnowska, Joanna Michalak</i> : Zawartość folianów w kefirach i jogurtach świeżych oraz chłodniczo przechowywanych.....	124
<i>Jarosław Kowalik, Adriana Łobacz, Kamil Adamczewski, Anna S. Tarczyńska</i> : Zastosowanie alternatywnych metod oceny bezpieczeństwa mikrobiologicznego wybranych serów.....	134
<i>Marta Dziuba, Dorota Nałęcz, Bartłomiej Dziuba</i> : Analiza <i>in silico</i> peptydów immunoaktywnych pochodzących z białek żywności – badania z wykorzystaniem bazy BIOPEP.....	144

<i>Barbara Borczak, Elżbieta Sikora, Marek Sikora, Joanna Kapusta-Duch, Dimitar Hrusavov</i> : Wpływ odroczonego wypieku i dodatku zakwasu na indeks glikemiczny <i>in vitro</i> oraz zawartość skrobi i polifenoli ogółem w bułkach pszennych.....	155
<i>Dorota Litwinek, Halina Gambuś, Gabriela Zięć, Florian Gambuś</i> : Porównanie indeksu i ładunku glikemicznego herbatników owsianych oraz pszennych	168
<i>Jakub Macierzyński, Maria Buczek, Wojciech Zaweracz, Bogusław Król</i> : Skład polifenolowy owoców jeżyny <i>Rubus fruticosus</i>	183
<i>Lubomira Broniarz-Press, Jacek Różański, Sylwia Różańska</i> : Właściwości reologiczne zatężonych kukurydźnianych wywarów gorzelnianych	195
<i>Przemysław Dmowski, Maria Śmiechowska, Elżbieta Sagan</i> : Wpływ czasu parzenia i stopnia rozdrobnienia herbaty czarnej na barwę naparu i jego właściwości przeciwutleniające	206
<i>Martina Ošťádalová, Bohuslava Tremlová, Ivan Straka, Pavel Bartl</i> : Wpływ przechowywania na zawartość teaflawin i tearubigin w herbatach typu oolong	217
<i>Henryk Kostyra, Elżbieta Kostyra</i> : Interakcje składników żywności	228
<i>Grażyna Morkis</i> : Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	230
<i>Magdalena Niewczas</i> : Nowe książki	234
Współcześni twórcy nauki o żywności	236
Technolog Żywności	239

Nr 97

Od Redakcji	3
<i>Marzena Jeżewska-Zychowicz</i> : Uwarunkowania akceptacji konsumenckiej innowacyjnych produktów żywnościowych.....	5
<i>Sylwia Onacik-Gür, Anna Žbikowska, Katarzyna Marciniak-Lukasiak</i> : Pochodzenie, metody otrzymywania i trwałość oksydacyjna tłuszczów wysokooleinowych	18
<i>Anna Michalska, Grzegorz Łysiak</i> : Przydatność do suszenia owoców śliw uprawianych w Polsce w aspekcie przemian związków bioaktywnych i tworzących się produktów reakcji Maillarda	29
<i>Dorota Nałęcz, Justyna Pagur, Iwona Szerszunowicz</i> : Analiza <i>in silico</i> alergennych białek orzecha ziemnego (<i>Arachis hypogaea</i> L.), głównie Ara h 9, w prognozowaniu epitopów surowców roślinnych reagujących krzyżowo	39
<i>Piotr Zarzycki, Małgorzata Kasprzak, Zbigniew Rzedzicki, Aldona Sobota, Emilia Sykut-Domańska</i> : Właściwości reologiczne kleików z mąki pszennej jako wskaźnik oceny jej wartości wypiekowej	50
<i>Ewelina Brzozowska, Ilona Gałzka-Czarnecka, Lucjan Krala</i> : Wpływ rozproszonego promieniowania słonecznego na wybrane właściwości kielków koniczyzny czerwonej (<i>Trifolium pratense</i> L.).....	67
<i>Tomasz Kleiber, Tomasz Szablewski, Kinga Stuper-Szablewska, Renata Cegielska-Radziejewska</i> : Określenie zależności pomiędzy zawartością manganu w pożywce a stężeniem pierwiastków śladowych w owocach pomidora (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	81
<i>Anna Czajkowska, Magdalena Gajewska, Beata Bartodziejska</i> : Adaptacja metody IC-DAD z własną modyfikacją przygotowania próbek do oznaczania zawartości azotanów(III) i azotanów(V) w produktach spożywczych.....	92
<i>Dariusz Lisiak, Eugenia Grześkowiak, Piotr Janiszewski, Karol Borzuta, Benedykt Pepliński, Karol Wajszczuk</i> : Wpływ intensywności żywienia tuczników na jakość mięsa	102

<i>Karol Borzuta, Bronisław Borys, Dariusz Lisiak, Eugenia Grześkowiak, Piotr Janiszewski, Krzysztof Powalowski, Beata Lisiak</i> : Jakość mięsa, profil kwasów tłuszczowych i wartość rzeźna jagniąt żywionych intensywnie z udziałem ubocznych produktów biopaliw.....	113
<i>Jarosław Parol, Renata Pietrzak-Fiećko, Stefan S. Smoczyński</i> : Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w wędzonym pstrągu tęczowym (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	125
<i>Tadeusz Trziszka, Ewa Łukaszewicz, Łukasz Bobak, Artur Kowalczyk, Marek Adamski, Zbigniew Dobrzański</i> : Wpływ wzbogacenia paszy algami morskimi i siemieniem lnianym na skład morfologiczny i cechy fizykochemiczne jaj przepiórek japońskich	138
<i>Krystyna Szymandera-Buszka, Katarzyna Waszkowiak</i> : Wpływ wybranych produktów tłuszczowych na stabilność chlorowodoru tiaminy.....	150
<i>Karolina Kramek, Paweł Glibowski</i> : Właściwości teksturalne i reologiczne mieszaniny inuliny i tłuszczu mlecznego stabilizowanej lecytyną	159
<i>Elżbieta Klewicka, Katarzyna Śliżewska, Adriana Nowak</i> : Ocena przeżywalności bakterii <i>Lactobacillus</i> zawartych w preparacie probiotycznym podczas pasażu w symulowanym przewodzie pokarmowym.....	170
<i>Dariusz Kikut-Ligaj</i> : Prognozowanie smaku gorzkiego wybranych alkaloidów chinolizydynowych	182
<i>Henryk Kostyra, Elżbieta Kostyra</i> : Interakcje składników żywności	192
<i>Grażyna Morkis</i> : Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	201
<i>Magdalena Niewczas</i> : Nowe książki	206
<i>Katarzyna Marciniak-Łukasiak, Patrycja Komolka</i> : XIX Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności – III Sesja Międzynarodowa	209
<i>Teresa Fortuna</i> : Jubileusz 40-Lecia Oddziału i Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie	212
<i>Z żałobnej karty: Prof. dr hab. Tadeusz Grega 1950–2014</i>	216
Technolog Żywności	219
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 92–97	221
Wykaz nazwisk Autorów w 2014 roku.....	228
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2014 roku	232

WYKAZ NAZWISK AUTORÓW W 2014 ROKU

- Adamczak M.* 96/36
Adamczewski K. 92/66, 96/134
Adamowicz J. 94/136
Adamski M. 97/138
Antczak M. 92/160, 94/179
Bagnowska A. 95/173
Banaś J. 93/110
Barłowska J. 95/108
Bartczak P. 93/164
Bartł P. 96/217
Bartodziejska B. 97/92
Batkowska J. 93/204
Bączek N. 94/136
Bednarski W. 96/36
Belkot Z. 96/63
Biełański P. 93/58
Bienkiewicz G. 96/111
Bilska B. 93/225, 95/188
Bobak Ł. 97/138
Borczak B. 96/155
Borejszo Z. 96/101
Boros D. 94/151
Borys B. 97/113
Borzuta K. 97/102, 97/113
Brandt W. 92/41
Brodacki A. 93/204
Broniarz-Press L. 95/43, 96/195
Brzozowska E. 97/67
Buczek M. 96/183
Buczkowska H. 93/139
Buksa K. 93/175
Burczyk E. 95/136
Cegielska-Radziejewska: R. 97/81
Cegielka A. 94/123
Chajęcka-Wierzchowska W. 92/92
Chilczuk B. 93/139
Chlebowska-Śmigiel A. 95/63
Chwastowska-Siwiecka I. 95/122
Czajkowska A. 97/92
Czarnowska M. 96/124
Czerniewicz M. 92/41
Czernyszewicz E. 94/190
Czerwińska E. 92/137
Czubaszek A. 92/173
Daszkiewicz T. 93/48
Dąbrowski J. 96/101
Dłużewska E. 93/123
Dmowski P. 96/206
Dobosz A. 96/5
Dobrzański Z. 97/138
Dolatowski Z.J. 93/93, 94/92, 94/108, 95/160
Domagała J. 92/29, 93/19, 94/27
Domaradzki P. 96/53
Domiszewski Z. 96/111
Drożdż I. 94/165
Dudzińska A. 93/19, 94/27
Dwiecki K. 94/5
Dylewska A. 92/52
Dziuba B. 96/144
Dziuba M. 96/144
Filipczak-Fiutak M. 92/29
Flaczyk E. 92/148
Florek M. 96/53
Florowski T. 96/72
Fortuna T. 97/212
Fujarczuk M. 92/173
Gajewska M. 97/92
Gałązka-Czarnecka I. 97/67
Gambuś F. 96/168
Gambuś H. 96/168
Gawalek J. 93/164
Glibowski P. 97/159
Głód D. 96/36
Gniewosz M. 95/63
Gołębiewski D. 94/151
Gondek M. 96/63

- Górecka D. 92/148
Grzesińska W. 95/188
Grześ B. 94/78
Grześkowiak E. 97/102, 97/113
Gugolek A. 93/58
Gujska E. 96/124
Gustaw W. 92/114, 93/33, 94/41, 94/65
Gutkowska K. 96/85
Hnatyk N. 93/48
Hrusavov D. 96/155
Iwańska E. 94/78
Jabłońska-Ryś E. 92/114
Janda K. 95/88
Janicki B. 96/101
Janiszewski P. 97/102, 97/113
Jankowski P. 96/85
Jaworska D. 96/21
Jedlińska A. 92/160, 94/179
Jeszka-Skowron M. 92/148
Jeżewska-Zychowicz M. 93/214, 97/5
Kaliniewicz J. 95/122
Kalinowski A. 95/75
Kamińska-Dwórznička A. 95/53
Kamola D. 95/63
Kapusta-Duch J. 96/155
Kasprzak M. 97/50
Kikut-Ligaj D. 92/200, 97/182
Kleiber T. 97/81
Klewicka E. 97/170
Kluszczyńska D. 95/30
Kłębukowska L. 92/92
Kmiciek J. 95/43
Koba-Kowalczyk M. 93/48
Kobus-Cisowska J. 92/148
Kołożyn-Krajewska D. 92/103, 93/93, 93/225, 94/108, 95/148
Komolka P. 97/209
Kondraszuk A. 93/225
Kondratowicz J. 95/122, 95/136
Kopeć A. 92/137
Korus A. 93/151
Kostyra E. 92/215, 93/239, 94/206, 95/201, 96/228, 97/192
Kostyra H. 92/215, 93/239, 94/206, 95/201, 96/228, 97/192
Kośmider A. 92/148
Kowal M. 95/108
Kowalczuk I. 96/85
Kowalczyk A. 97/138
Kowalik J. 92/66, 96/134
Kowalska D. 93/58
Kowalska M. 92/78
Kowalski S. 92/187
Kozioł J. 94/41
Krajewski K. 93/225
Krala L. 95/173, 97/67
Kramek K. 97/159
Król B. 96/183
Kruk M. 93/73
Krupa-Kozak U. 94/136
Krupska A. 95/75
Kruszewski B. 92/160, 94/179
Krystijan M. 96/5
Krzywiński T. 96/111
Kubiak D. 93/48
Kuczyńska N. 94/123
Kursa K. 96/63
Latoch A. 92/114
Libera J. 95/160
Lipa T. 95/18
Lipińska E. 92/160, 94/179
Lis A. 93/190
Lisiak B. 97/113
Lisiak D. 97/102, 97/113
Litwinek D. 96/168
Litwińczuk Z. 95/108, 96/53
Lukasiewicz M. 92/187
Łobacz A. 96/134
Łukasiewicz E. 97/138
Łysiak G. 97/29
Macierzyński J. 96/183
Majewska M. 93/190
Makarewicz M. 94/165
Marciniak-Łukasiak K. 92/78, 97/18, 97/209
Markowska-Szczupak A. 95/88
Materska M. 93/139
Michalak J. 96/124

- Michalczyk M. 93/110
Michalska A. 97/29
Mikiciuk J. 93/73
Mikołajczak B. 94/78
Milewski S. 93/48
Mińkowski K. 95/75
Mleko S. 92/52
Morawski A.W. 95/88
Morkis G. 92/218, 93/242, 94/209, 95/204, 96/230, 97/201
Myszka K. 94/151
Nałęcz D. 96/144, 97/39
Nastaj M. 93/33, 94/65
Niewczas M. 92/220, 93/245, 94/212, 95/206, 96/234, 97/206
Nogala-Kalucka M. 94/5
Nowak A. 94/56, 95/173, 97/170
Nowicka P. 92/124, 93/5
Okoń A. 94/92
Onacik-Gür S. 97/18
Oracz J. 95/173
Ošťádalová M. 96/217
Oszmiański J. 92/124, 93/5
Pagur J. 97/39
Panfil-Kuncewicz H. 93/190
Parol J. 97/125
Pasierbiewicz A. 96/72
Pasternok I. 92/103
Paszczyk B. 92/41
Pepliński B. 97/102
Perucka I. 93/139
Pietrzak D. 94/123
Pietrzak-Fiećko R. 97/125
Polewski K. 94/5
Pospiech E. 94/78
Powałowski K. 97/113
Przybylski W. 96/21
Przybysz M.A. 93/123
Purwin C. 93/48
Rafalska U.K. 95/53
Rogalski M. 93/73
Rokowska E. 93/73
Rostek E. 96/72
Różańska S. 95/43, 96/195
Różański J. 95/43, 96/195
Rygielska M. 94/14
Rzedzicki Z. 97/50
Sadowska J. 94/14
Sagan E. 96/206
Sajdakowska M. 96/85
Sas-Golak I. 92/16
Sikora E. 96/155
Sikora M. 96/5, 96/155
Sionek B. 92/103
Siwulski M. 92/16
Skiepmo N. 95/122
Skrzypczak K. 94/41
Skwarek M. 94/108
Sławińska A. 94/41
Słowik M. 94/165
Ślupski J. 93/151
Smoczyński S.S. 97/125
Sobieralski K. 92/16
Sobota A. 97/50
Sokolowska B. 95/5
Sołowiej B. 92/52, 93/33, 94/41, 94/65
Sosnowska B. 95/18
Sowińska W. 95/30
Spychaj A. 94/78
Sroka P. 94/165
Stanek M. 96/101
Straka I. 96/217
Stuper-Szablewska K. 97/81
Sykut-Domańska E. 97/50
Szablewski T. 97/81
Szerszunowicz I. 97/39
Szukcuk K. 96/63
Szot I. 95/18
Szparaga A. 92/137
Szterk A. 93/73, 93/123
Szymandera-Buska K. 97/150
Szymański P. 95/148
Ścibisz I. 96/72
Śliżewska K. 97/170
Śmiechowska M. 96/206
Śmiechowski K. 92/78
Tański Z. 93/48
Tarczyńska A.S. 96/134

-
- | | |
|---|---------------------------------------|
| <i>Targoński Z.</i> 92/5 | <i>Wlazły A.</i> 92/5 |
| <i>Teleszko M.</i> 92/124 | <i>Wojciechowicz-Budysz A.</i> 92/173 |
| <i>Tokarczyk G.</i> 96/111 | <i>Wojdyło A.</i> 92/124, 93/5 |
| <i>Tomaszewska M.</i> 95/188 | <i>Wójciak K.M.</i> 93/93 |
| <i>Tomaszewska-Gras J.</i> 95/97 | <i>Wrzosek M.</i> 93/225 |
| <i>Tomczyńska-Mleko M.</i> 92/52 | <i>Wszolek M.</i> 92/29, 93/19, 94/27 |
| <i>Trafiałek J.</i> 95/188 | <i>Zadernowska A.</i> 92/92 |
| <i>Tremlová B.</i> 96/217 | <i>Zarodkiewicz M.</i> 93/73 |
| <i>Trziszka T.</i> 97/138 | <i>Zarzycki P.</i> 97/50 |
| <i>Tyburcy A.</i> 96/72 | <i>Zaweracz W.</i> 96/183 |
| <i>Wajda S.</i> 95/136 | <i>Zawiślak M.</i> 93/123 |
| <i>Wajszczuk K.</i> 97/102 | <i>Ziajka S.</i> 92/66 |
| <i>Waszkiewicz-Robak B.</i> 93/73 | <i>Zięć G.</i> 96/168 |
| <i>Waszkowiak K.</i> 97/150 | <i>Żakowska-Biemans S.</i> 96/85 |
| <i>Waśko A.</i> 94/41 | <i>Żbikowska A.</i> 92/78, 97/18 |
| <i>Wilczak J.</i> 95/63 | <i>Żmijewski M.</i> 92/173 |
| <i>Winarski R.</i> 93/48, 95/136 | <i>Żółkiewski P.</i> 96/53 |
| <i>Wiśniewska M.</i> 94/190 | |
| <i>Witrowa-Rajchert D.</i> 92/160, 94/179 | |

WYKAZ NAZWISK RECENZENTÓW W 2014 ROKU

Redakcja czasopisma „Żywność” przekazuje wyrazy wdzięczności P.T. Recenzentom za opiniotwórczą i społeczną pracę na rzecz naszego czasopisma. Dziękujemy Państwu za wspieranie naszych wysiłków nad doskonaleniem poziomu naukowego publikowanych prac.

1. Prof. dr hab. Ewa Babicz-Zielińska, Akademia Morska w Gdyni
2. Prof. dr hab. Barbara Baraniak, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
3. Prof. dr hab. Joanna Barłowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
4. Prof. dr hab. Nina Barylko-Pikielna, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
5. Prof. dr hab. Jan Bieniek, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
6. Prof. dr hab. Józef Błazewicz, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
7. Dr Sylwia Bonin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
8. Prof. dr hab. Danuta Boros, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Radzików
9. Prof. dr hab. Eulalia J. Borowska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
10. Prof. dr hab. Bożena Borycka, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu
11. Prof. dr hab. Piotr Bykowski, Akademia Morska w Gdyni
12. Prof. dr hab. Alicja Ceglińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
13. Prof. dr hab. Józefa Chrzanowska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
14. Dr hab. inż. Artur Ciemniak, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
15. Prof. dr hab. Marek Cierach, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
16. Prof. dr hab. Ewa Cieślik, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
17. Prof. dr hab. Janusz Czapski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
18. Prof. dr hab. Zbigniew Czarnecki, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
19. Prof. dr hab. Eugenia Czernyszewicz, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
20. Prof. dr hab. Anna Czubaszek, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
21. Prof. dr hab. Małgorzata Darewicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
22. Dr hab. inż. Krzysztof Dasiewicz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
23. Prof. dr hab. Tomasz Daszkiewicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
24. Dr Anna Dąbrowska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
25. Prof. dr hab. Waldemar Dąbrowski, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
26. Dr hab. inż. Anna Diowksza, Politechnika Łódzka w Łodzi
27. Prof. dr hab. Elżbieta Dłużewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
28. Dr hab. inż. Izabela Dmytrów, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
29. Prof. dr hab. Zbigniew J. Dolatowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
30. Prof. dr hab. Jacek Domagała, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

31. Prof. dr hab. Ewa Domian, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego W Warszawie
32. Dr hab. inż. Mariusz Florek, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
33. Prof. dr hab. Teresa Fortuna, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
34. Prof. dr hab. Mariola Friedrich, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
35. Prof. dr hab. Halina Gambuś, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
36. Dr hab. Urszula Gawlik-Dziki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
37. Prof. dr hab. Jan Gawęcki, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
38. Prof. dr hab. Piotr Gębczyński, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
39. Dr hab. inż. Paweł Glibowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
40. Prof. dr hab. Małgorzata Gniewosz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
41. Prof. dr hab. Danuta Górecka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
42. Dr hab. inż. Agata Górka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
43. Prof. dr hab. Tadeusz Grega, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
44. Prof. dr hab. Elżbieta Gujska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
45. Prof. dr hab. Waldemar Gustaw, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
46. Prof. dr hab. Krystyna Gutkowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
47. Prof. dr hab. Tomasz Jankowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
48. Dr hab. inż. Monika Janowicz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
49. Prof. dr hab. Andrzej Jarmoluk, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
50. Prof. dr hab. Małgorzata Jasińska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
51. Prof. dr hab. Grażyna Jaworska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
52. Prof. dr hab. Henryk Jeleń, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
53. Prof. dr hab. Lesław Juszczak, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
54. Dr inż. Stanisław Kalisz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
55. Prof. dr hab. inż. Joanna Kawa-Rygielska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
56. Dr hab. Alicja Kawka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
57. Dr hab. inż. Elżbieta Klewicka, Politechnika Łódzka
58. Prof. dr hab. Maria Koćwin-Podsiadła, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy w Siedlcach
59. Prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
60. Prof. dr hab. Jacek Kondratowicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
61. Prof. dr hab. Iwona Konopka, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
62. Prof. dr hab. Józef Korczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
63. Dr hab. inż. Jarosław Korus, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
64. Prof. dr hab. Henryk Kostyra, IRZiBŻ, Oddział Nauki o Żywności PAN w Olsztynie
65. Prof. dr hab. Lucjan Krala, Politechnika Łódzka w Łodzi
66. Prof. dr hab. Grażyna Krasnowska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
67. Dr hab. inż. Jolanta Król, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

68. Prof. dr hab. Krzysztof Krygier, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
69. Prof. dr hab. Kazimierz Lachowicz, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
70. Prof. dr hab. Eleonora Ledóchowska, Politechnika Gdańska w Gdańsku
71. Prof. dr hab. Andrzej Lenart, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
72. Prof. dr hab. Tomasz Lesiów, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
73. Dr hab. inż. Grzegorz Leśniewski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
74. Prof. dr hab. Teresa Leszczyńska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
75. Prof. dr hab. Zdzisław Libudzisz, Politechnika Łódzka w Łodzi
76. Prof. dr hab. Zofia Lisiewska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
77. Prof. dr hab. Anna Litwińczuk, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
78. Prof. dr hab. Łucja Łaniewska-Trokenheim, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
79. Prof. dr hab. Ryszard Macura, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
80. Prof. dr hab. Katarzyna Majewska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
81. Prof. dr hab. Maria Małecka, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
82. Dr inż. Katarzyna Marciniak-Łukasiak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
83. Dr Anna Michalska, IRZiBŻ, Oddział Nauki PAN w Olsztynie
84. Prof. dr hab. Jan Michniewicz, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
85. Prof. dr hab. Władysław Migdał, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
86. Dr hab. Magdalena Mika, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
87. Prof. dr hab. Karol Mińkowski, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie
88. Prof. dr hab. Tadeusz Miśkiewicz, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
89. Prof. dr hab. Jacek Namieśnik, Politechnika Gdańska w Gdańsku
90. Dr hab. inż. Agnieszka Nawirska-Olszańska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
91. Prof. dr hab. Ewa Nebesny, Politechnika Łódzka w Łodzi
92. Prof. dr hab. Roman Niedziółka, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy w Siedlcach
93. Prof. dr hab. Małgorzata Nogala-Kałucka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
94. Dr inż. Agnieszka Nowak, Politechnika Łódzka w Łodzi
95. Prof. dr hab. Mieczysław Obiedziński, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
96. Prof. dr hab. Wiktor Obuchowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
97. Prof. dr hab. Agnieszka Ociecek, Akademia Morska w Gdyni
98. Dr Magdalena Olszewska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
99. Prof. dr hab. Jan Oszmiański, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
100. Prof. dr hab. Irena Ozimek, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
101. Prof. dr hab. Zbigniew Pałacha, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
102. Dr hab. inż. Sławomir Pietrzyk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
103. Prof. dr hab. Andrzej Pisula, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
104. Prof. dr hab. Elżbieta Pisulewska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
105. Prof. dr hab. Antoni Pluta, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

106. Prof. dr hab. Witold Płocharski, Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
107. Prof. dr hab. Edward Pospiech, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
108. Prof. dr hab. Wiesław Przybylski, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
109. Dr hab. inż. Julita Reguła, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
110. Prof. dr hab. Daniela Rotkiewicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
111. Dr hab. Magdalena Rudzińska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
112. Prof. dr hab. Zbigniew Rzedzicki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
113. Prof. dr hab. Jadwiga Seremak-Bulge, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB w Warszawie
114. Prof. dr hab. Elżbieta Sikora, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
115. Prof. dr hab. Marek Sikora, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
116. Prof. dr hab. Tadeusz Sikora, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
117. Prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, Politechnika Gdańska w Gdańsku
118. Prof. dr hab. Marek Siwulski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
119. Prof. dr hab. Mirosław Słowiński, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
120. Prof. dr hab. Bogdan Sojkin, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
121. Prof. dr hab. Maria Soral-Śmietana, IRZiBŻ, Oddział Nauki o Żywności PAN w Olsztynie
122. Prof. dr hab. Bogusław Staniewski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
123. Prof. dr hab. Izabela Steinka, Akademia Morska w Gdyni
124. Prof. dr hab. Krzysztof Surówka, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
125. Dr Krystyna Szybga, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
126. Prof. dr hab. Henryk Szymusiak, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
127. Prof. dr hab. Jerzy Szpendowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
128. Prof. dr hab. Barbara Szeke, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie
129. Dr hab. inż. Arkadiusz Szterk, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
130. Prof. dr hab. Maria Śmiechowska, Akademia Morska w Gdyni
131. Dr hab. Anna S. Tarczyńska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
132. Prof. dr hab. Zdzisław Targoński, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
133. Prof. dr hab. Tomasz Twardowski, Politechnika Łódzka w Łodzi
134. Dr inż. Monika Trząskowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
135. Dr hab. inż. Andrzej Tyburcy, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
136. Prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
137. Prof. dr hab. Zygmunt Usydus, Morski Instytut Rybacki w Gdyni
138. Dr hab. inż. Dorota Walkowiak-Tomczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
139. Prof. dr hab. Erwin Wąsowicz, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
140. Dr inż. Ewelina Węsierska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
141. Prof. dr hab. Danuta Witkowska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
142. Prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
143. Dr hab. inż. Aneta Wojdyło, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
144. Prof. dr hab. Maria Wojtatowicz, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

-
145. Prof. dr hab. Janina Wołoszyn, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
 146. Dr hab. inż. Małgorzata Wroniak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
 147. Prof. dr hab. Barbara Wróblewska, IRZiBŻ, Oddział Nauki o Żywności PAN w Olsztynie
 148. Dr Anna Zadernowska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
 149. Prof. dr hab. Ryszard Zadernowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
 150. Prof. dr hab. Lidia Zander, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
 151. Prof. dr hab. Zygmunt Zander, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
 152. Prof. dr hab. Piotr Zapletal, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
 153. Prof. dr hab. Stefan Ziajka, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
 154. Prof. dr hab. inż. Małgorzata Ziarno, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
 155. Dr inż. Dorota Zielińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
 156. Prof. dr hab. Zofia Żakowska, Politechnika Łódzka w Łodzi
 157. Prof. dr hab. Ryszard Żywica, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie