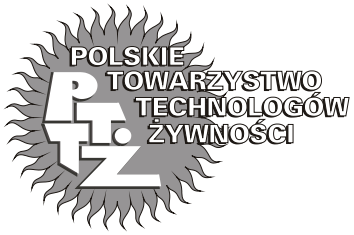
POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI



ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 2 (81)

Kraków 2012

Rok 19

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

Sekretarz redakcji: dr Ewa Ślawska; tel. 12 662-51-61; e-mail: wnpttz@wp.pl

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

Redaktor statystyczny: dr Antoni Goryl

Stali współpracownicy: dr inż. Anna Florek-Paszkowska (Kraków), prof. dr hab. Jacek Kijowski (Poznań), dr Grażyna Morkis (Warszawa), prof. dr hab. Maria Soral-Śmietana (Olsztyn)

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

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

WYDAWCA:
POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994 - 1999 wydawcą kwartalnika był Oddział Małopolski PTTŻ

© Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2012
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:
31-425 KRAKÓW, AL. 29 LISTOPADA 46

Nakład: 600 egz.

SKŁAD I DRUK:

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

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – dwumiesięcznik

Nr 2 (81) **Kraków 2012** **Rok 19**

SPIS TREŚCI

Od Redakcji ... 3

ELŻBIETA KLEWICKA: Betacyjaniny – biodostępność i biologiczna aktywność ... 5

ARTUR WIKTOR, DOROTA WITROWA-RAJCHERT: Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego do wspomagania procesów usuwania wody z tkanek roślinnych ... 22

IZABELA PRZETACZEK-ROŻNOWSKA, JACEK ROŻNOWSKI, TERESA FORTUNA, KAMILA SZUBELAK-IŻYK: Wpływ jonów miedzi na wybrane właściwości fizykochemiczne skrobi różnego pochodzenia botanicznego ... 33

WIOLETTA BIEL, ROBERT MACIOROWSKI: Ocena wartości odżywczej ziarna wybranych odmian pszenicy ... 45

MAŁGORZATA WRONKOWSKA, MARIA SORAL–ŚMIETANA, LIDIA ZANDER, ZYGMUNT ZANDER, MONIKA JADACKA: Kształtowanie cech technologicznych i jakości chleba poprzez udział przemysłowego koncentratu serwatki potwarogowej ... 56

PATRYCJA KOMOLKA, DANUTA GÓRECKA: Wpływ obróbki termicznej warzyw kapustnych na zawartość błonnika pokarmowego ... 68

MARTA ZALEWSKA-KORONA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ: Ocena przydatności do przetwórstwa owoców wybranych odmian pomidora gruntowego ... 77

MILENA A. STACHELSKA, ANTONI JAKUBCZAK, BOGUSŁAWA WIĘTCZAK, SYLWIA TYL: Ocena wrażliwości *Yersinia enterocolitica* na wybrane sole kwasów fenolowych ... 88

AGATA GÓRSKA, KAROLINA SZULC, EWA OSTROWSKA-LIGĘZA, MAGDALENA WIRKOWSKA: Wykorzystanie właścwości β-laktoglobuliny do wiązania cholekalcyferolu ... 99

BARTOSZ SOŁOWIEJ: Wpływ κ-karagenu na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych ... 107

TOMASZ SZABLEWSKI, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA, ANNA KACZMAREK, JACEK KIJOWSKI: Konkurencyjne oddziaływania mikroorganizmów na powierzchni skorup jaj konsumpcyjnych ... 119

GRZEGORZ LEŚNIEROWSKI, ROBERT BOROWIAK: Zastosowanie rezorcyny jako środka ochronnego lizozymu podczas jego wysokotemperaturowej modyfikacji ... 131

JUSTYNA GÓRECKA, TADEUSZ SZMAŃKO, NATALIA HYLA, MAŁGORZATA JUSZCZAK: Porównanie struktury mięsa dzików i świń domowych, przechowywanego w temperaturze bliskiej krioskopowej i w stanie zamrożonym ... 143

RYSZARD ŻYWICA, JOANNA K. BANACH, DOROTA G. CHARZYŃSKA, BOGUSŁAW STANIEWSKI: Wpływ dodatku oleju słonecznikowego na właściwości przewodnościowe miksów tłuszczowych ... 161

ANNA ŻBIKOWSKA, MAŁGORZATA KOWALSKA, JAROSŁAWA RUTKOWSKA: Zawartość fazy stałej a jakość i przydatność technologiczna szorteningów do produkcji ciast kruchych ... 173

KRZYSZTOF DURKALEC-MICHALSKI, JOANNA SULIBURSKA, ZBIGNIEW KREJPCIO, JAN JESZKA, PAWEŁ BOGDAŃSKI: Analiza zależności pomiędzy spożyciem wybranych składników mineralnych a ich zawartością we włosach w wybranej grupie pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym ... 186

PAWEŁ NOWICKI, TADEUSZ SIKORA: Opinie klientów sieci barów bistro na temat higieny i jakości serwowanych potraw ... 198

HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interakcje składników żywności ... 215

GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym ... 217

ANNA FLOREK-PASZKOWSKA: Nowe książki ... 221

Twórcy polskiej nauki o żywności. Polscy uczeni w okresie zaborów i Polski odrodzonej ... 224

Z żałobnej karty: Profesor dr hab. inż. Zbigniew Śmietana 1942 - 2012 ... 231

Technolog Żywności ... 233

Zamieszczone artykuły są recenzowane

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

FOOD. Science. Technology. Quality

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

No 2 (81) **Kraków 2012** **Vol. 19**

CONTENTS

From the Editor ... 3

ELŻBIETA KLEWICKA: Betacyanins – bioavailability and biological activity ... 5

ARTUR WIKTOR, DOROTA WITROWA-RAJCHERT: Applying pulsed electric field to enhance plant tissue dehydration process ... 22

IZABELA PRZETACZEK-ROŻNOWSKA, JACEK ROŻNOWSKI, TERESA FORTUNA, KAMILA SZUBELAK-IŻYK: Effect of copper ions on selected properties of starch of different botanical origin ... 33

WIOLETTA BIEL, ROBERT MACIOROWSKI: Assessing nutritional value of grains of selected wheat cultivars ... 45

MAŁGORZATA WRONKOWSKA, MARIA SORAL–ŚMIETANA, LIDIA ZANDER, ZYGMUNT ZANDER, MONIKA JADACKA: The moulding of technological properties and quality of bread by adding industrially produced concentrate of acid-whey obtained during the making of cottage cheese ... 56

PATRYCJA KOMOLKA, DANUTA GÓRECKA: Effect of thermal treatment on dietary fibre content in brassica vegetables ... 68

MARTA ZALEWSKA-KORONA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ: Evaluation of processing usefulness of selected fruits of ground tomato cultivars ... 77

MILENA A. STACHELSKA, ANTONI JAKUBCZAK, BOGUSŁAWA WIĘTCZAK, SYLWIA TYL: Assessing susceptibility of *Yersinia enterocolitica* to some selected salts of phenolic acids ... 88

AGATA GÓRSKA, KAROLINA SZULC, EWA OSTROWSKA-LIGĘZA, MAGDALENA WIRKOWSKA: Using binding feature of β-lactoglobulin to bind cholecalcyferol ... 99

BARTOSZ SOŁOWIEJ: Effect of κ-carrageenan on physicochemical properties of processed cheese analogues ... 107

TOMASZ SZABLEWSKI, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA, ANNA KACZMAREK, JACEK KIJOWSKI: Competition effects of microorganisms on shell surface of table eggs ... 119

GRZEGORZ LEŚNIEROWSKI, ROBERT BOROWIAK: Applying resorcin as lysozyme-protective agent in the course of its high-temperature modification ... 131

JUSTYNA GÓRECKA, TADEUSZ SZMAŃKO, NATALIA HYLA, MAŁGORZATA JUSZCZAK: Comparing meat structure of wild boars and domestic pigs stored at near to cryoscopic temperature or in a frozen state ... 143

RYSZARD ŻYWICA, JOANNA K. BANACH, DOROTA G. CHARZYŃSKA, BOGUSŁAW STANIEWSKI: Effect of sunflower oil addition on conductance properties of fat mixes ... 161

ANNA ŻBIKOWSKA, MAŁGORZATA KOWALSKA, JAROSŁAWA RUTKOWSKA: Solid fat content versus quality and technological usefulness of shortenings in making shortcrust pastries ... 173

KRZYSZTOF DURKALEC-MICHALSKI, JOANNA SULIBURSKA, ZBIGNIEW KREJPCIO, JAN JESZKA, PAWEŁ BOGDAŃSKI: Analysis of correlation between intake of selected minerals and their content in hair of patients in selected group with primary hypertension ... 186

PAWEŁ NOWICKI, TADEUSZ SIKORA: Bistro bars customers opinion on hygiene and quality of offered food products ... 198

HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interactions among food components ... 215

GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation ... 217

ANNA FLOREK-PASZKOWSKA: Book reviews ... 221

Creators of the Polish food science ... 224

Contemporary Terms: Professor dr eng. Zbigniew Śmietana 1942 - 2012 ... 231

The Food Technologist ... 233

Only reviewed papers are published

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

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

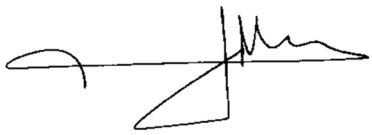
przekazujemy Państwu nr **2 (81)** naszego czasopisma, który zawiera różnorodne tematycznie artykuły naukowe, przedstawiajace dorobek kilku krajowych środowisk nauki o żywności. Jak zwykle w numerze stałe działy z interesującymi informacjami.

W związku z nowymi kryteriami oceny czasopism naukowych, przedstawionych przez MNiSzW, dostosowaliśmy również nasze wymagania redakcyjne do tych kryteriów. Uprzejmie prosimy Autorów o dokładne zapoznanie się w tymi wymaganiami na stronie http://www.pttz.org/zyw/index.html

Nasz apel jest stale aktualny: **cytujmy polskich autorów publikujących w „Żywności"** w artykułach kierowanych do czasopism zagranicznych! Zwracajmy także większą uwagę na cytowanie wcześniej opublikowanych artykułów w „Żywności", w opracowaniach nadsyłanych do redakcji. Cytowanie wcześniej opublikowanych artykułów, wiążących się tematycznie z nadsyłanymi opracowaniami, będzie warunkiem przyjęcia pracy do druku.

Kraków, kwiecień 2012 r.

Redaktor Naczelny



Tadeusz Sikora

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość – liczba punktów 9 – Ujednolicony wykaz czasopism naukowych MNiSzW, grupa B, poz. 1788; Lista JCR – **IF = 0,157.**

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 5 – 21

ELŻBIETA KLEWICKA

BETACYJANINY – BIODOSTĘPNOŚĆ I BIOLOGICZNA AKTYWNOŚĆ

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

Omówiono budowę i właściwości czerwonych barwników betalainowych – betacyjanin, występujących w roślinach należących do niektórych rodzin z rzędu goździkowców (*Caryophyllales*). Rośliny zawierające betacyjaniny są spożywane przez człowieka w stanie surowym lub w postaci konserw i koncentratów warzywnych. Ponadto ekstrakty barwników betalainowych dodawane są do żywności jako naturalne preparaty koloryzujące. W Europie najpopularniejszym źródłem betacyjanin jest burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*). W pracy szczególną uwagę zwrócono na biologiczną aktywność tych związków i mechanizmy ich oddziaływania na organizm człowieka. Zaproponowano możliwy model wchłaniania i cyrkulacji betacyjanin w organizmie człowieka. Przedstawiono również dane na temat przeciwnowotworowego działania tych związków i ich roli w prewencji chorób degeneracyjnych i nowotworowych.

Słowa kluczowe: betacyjaniny, betanina, aktywność przeciwutleniająca, biodostępność

Wprowadzenie

Żywność bogata w składniki bioaktywne ma pomóc w utrzymaniu zdrowia i zapobiegać dietozależnym chorobom o charakterze degeneracyjnym, a w szczególności nowotworom. Spożywanie żywności bogatej w związki bioaktywne, takie jak: polifenole, organiczne połączenia siarki, terpeny, kurkuminę, kumaryny, karotenoidy, betalainy stanowić może naturalną chemioprewencję. Ten rodzaj chemioprewencji ma na celu zapobieganie, zahamowanie lub/i odwrócenie procesu nowotworzenia, szczególnie we wczesnych etapach. Czas od zainicjowania zmian powodujących powstawanie nowotworu do rozwinięcia się klinicznie rozpoznawalnych objawowo zmian chorobowych jest relatywnie długi. Pozwala to na wczesną interwencję żywieniową. Jedną z grup związków o aktywności przeciwnowotworowej są czerwono-fioletowe barwniki, betacyjaniny, należące do grupy betalain. Bogate w betacyjaniny są buraki ćwikłowe (*Beta vulgaris* L. subs. *vulgaris*), kaktusy należące do rodzaju *Hylocereus* i *Opuntia*

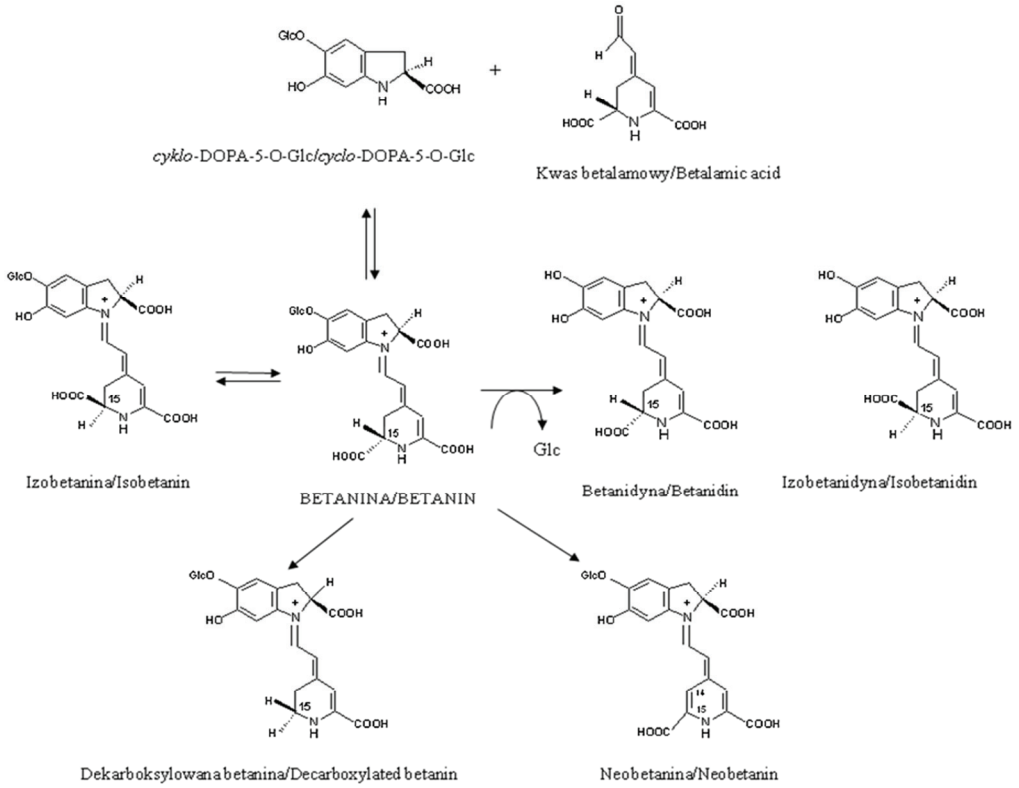
Dr inż. E. Klewicka, Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź

oraz liczne gatunki kwiatów należące do rodziny *Amaranthaceae* [6, 18, 30, 35, 46]. W Europie powszechnie dostępnym źródłem betacyjanin jest burak ćwikłowy. Burak ćwikłowy oprócz spożycia w stanie świeżym jest cennym surowcem wykorzystywanym w przemyśle żywnościowym do produkcji suszu, mrożonek, soków pitnych i zagęszczonych, jak również wykorzystywany jest do produkcji naturalnych barwników (betacyjanin) stosownych jako dodatki do żywności.

Charakterystyka i występowanie betacyjanin

Betacyjaniny są barwnikami azotowymi zbudowanymi z kwasu betalamowego i *cyklo*-3,4-dihydroksyfenyloalaniny (*cyklo*-DOPA) [14, 35]. Układem chromoforowym występującym w betacyjaninach jest żółty kwas betalamowy. Betacyjaniny swoją fioletową barwę zawdzięczają znacznemu wydłużeniu układu sprzężonych podwójnych wiązań przez połączenie kwasu betalamowego z cząsteczką glukozydu *cyklo*-DOPA-5-O-Glc (Glc-glukoza), w której znajduje się pierścień aromatyczny. W wyniku takiego połączenia powstaje betanina o barwie fioletowo-czerwonej (rys. 1).

Wszystkie poznane betacyjaniny są heteroglikozydami betaniny lub izobetaniny (betanina, izobetanidyna, neobetanina, dekarboksylowana betanina) [9]. Betacyjaniny należą do barwników rozpuszczalnych w wodzie. Ich stabilność w roztworach jest ograniczona przez takie czynniki środowiskowe, jak: stężenie barwników w roztworze, aktywność wody, wartość pH, obecność związków o aktywności przeciwutleniającej, obecność kationów metali, temperatura oraz czynniki strukturalne: stopień glikozylacji, stopień acylacji. Betacyjaniny są stabilne podczas krótkotrwałego ogrzewania (do 3 min) w temp. 80 ºC [17]. Kidoń i Czapski [22] stwierdzili, że podczas blanszowania buraków ćwikłowych w temp. 90 ºC po 3 min następuje 25 % zmniejszenie zawartości czerwonych barwników, jednak wydłużenie tego czasu do 10 min nie wpłynęło znacząco na dalsze straty barwników. Zmniejszenie stężenia betacyjanin podczas obróbki termicznej jest wynikiem przede wszystkim rozpadu betaniny na kwas betalamowy i *cyklo*-DOPA. Do produktów termicznej degradacji betaniny zalicza się również izobetaninę i dekarboksylowaną betaninę. Najwyższą stabilność związki te wykazują, gdy wartość pH środowiska mieści się w przedziale 4,0 - 6,0, w temperaturze pokojowej [36, 43]. Większość reakcji termicznego rozpadu betaniny są to reakcje odwracalne, zależne od stężenia początkowego betaniny, temperatury i wartości pH środowiska. W kwaśnym środowisku następuje regeneracja betaniny z *cyklo*-DOPA i kwasu betalamowego, jak również izobetanina przekształca się do formy wyjściowej – betaniny. W środowisku o pH 3,0 wodne roztwory zmieniają barwę w kierunku fioletowego, co jest wynikiem dysocjacji grup karboksylowych. Ponadto, przy niskim pH wulgaksantyny, które są obecne w sokach buraczanych są mało trwałe. Rozpad wulgaksantyn



Rys. 1. Betanina i produkty jej przemian.
Fig. 1. Betanin and products of its transformation
Opracowano na podstawie: / Prepared on the basis of [9, 46, 49].

może indukować zmianę barwy soku w kierunku barwy fioletowej. Betacyjaniny ulegają również przemianom enzymatycznym. Pod wpływem działania β-glukozydazy na betaninę i izobetaninę następuje odszczepienie cząsteczki glukozy, w wyniku czego powstaje betanidyna i izobetanidyna (rys. 1). Związki te są zaliczane do grupy aglikonów, które charakteryzują się wysoką biologiczną reaktywnością, podlegając acylacji i alkilacji [47, 49]. Termiczne procesy utrwalania żywności bogatej w betacyjaniny nie są zalecane ze względu na duże straty barwników. W technologiach przetwórstwa buraków ćwikłowych można stosować fermentację mlekową zarówno krajanki korzenia buraków, jak i soku. Podczas fermentacji betacyjaniny ulegają co prawda także przemianom wynikającym z aktywności enzymatycznej bakterii oraz obniżenia wartości pH do około 4,0 - 4,5. Jednak zastosowanie odpowiedniej kultury starterowej i odmiany buraka do fermentacji pozwala zachować betacyjaniny w 75 %, w stosunku do pierwotnego stężenia [11, 40]. Po fermentacji mlekowej soku buraczanego, oprócz stężenia betacyjanin, zmienia się również ich profil. W sokach świeżych dominującymi

barwnikami czerwonymi są betanina i izobetanina, a w niskich stężeniach neobetanina. Natomiast po fermentacji w sokach pojawiają się dodatkowo aglikony: betanidyna i izobetanidyna. Wzajemne proporcje tych związków po fermentacji mlekowej są uzależnione od odmiany buraków, jak i od zastosowanej kultury starterowej [11].

Aktywność przeciwutleniająca betacyjanin

Ważną cechą betacyjanin jest ich zdolność do wygaszania wolnych rodników (ROS) obecnych w środowisku. W betaninie (dominującym barwniku w świeżym surowcu buraczanym) obecna jest tylko jedna grupa fenolowa, której cząsteczka betaniny zawdzięcza właściwości przeciwutleniające. Takie właściwości mogą mieć również produkty jej rozpadu czyli neobetanina czy *cyklo*-DOPA. Kwas betalamowy i glukozyd *cyklo*-DOPA, powstające podczas rozpadu betaniny w środowisku zasadowym, nie wykazują właściwości przeciwutleniajacych. Natomiast w środowisku o kwaśnym pH związki te mogą wykazywać aktywność przeciwutleniającą [5, 9].

Czapski i wsp. [10] badali wartość antyoksydacyjną soków pozyskanych z 11 odmian buraka ćwikłowego (Ceryl, Chrobry, Czerwona Kula, Nochowski, Noe 21, Noe 694, Noe 904, Noe Pol, Okrągły Ciemnoczerwony, Opolski, Wodan). Wartość antyoksydacyjna tych soków kształtowała się na poziomie od 10,2 do 20,6 μMol Troloxu/ml. Autorzy ci wykazali korelację pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą a zawartością betacyjanin. Po kontrolowanej fermentacji mlekowej soku z buraka ćwikłowego odmiany Chrobry o aktywności przeciwutleniającej 13,04 μMol Troloxu/ml soku, aktywność przeciwutleniająca soku obniża się w zależności od zastosowanej szczepionki lub szczepu i wynosi od 7,70 do 10,62 μMol Troloxu/ml soku [25], co związane jest z częściową degradacją betacyjanin. Aktywność przeciwutleniająca świeżego buraka ćwikłowego (korzeń, sok) zależna jest od stężenia czerwonych barwników – betacyjanin. Ogrzewanie suszu buraczanego poza środowiskiem wodnym powodowało degradację barwników betalainowych, szczególnie betacyjanin, ale nie następowała utrata aktywności przeciwutleniającej, a wręcz jej przyrost [22]. Pod wpływem wysokiej temperatury barwniki czerwone mogą przechodzić w żółte lub też mogą powstawać inne produkty termicznej degradacji, np. związki Maillarda [22]. Ponadto, ogrzewanie ułatwia ekstrakcję z tkanki buraka innych związków, poza barwnikami, które również wykazują aktywność przeciwutleniającą, np. kwas ferulowy [37]. Kwas ferulowy zaliczany jest do grupy polifenoli. W buraku ćwikłowym średnio odnotowuje się 14,40 ± 6,75 mg/100 g. Stężenie kwasu ferulowego jest zróżnicowane w zależności od odmiany buraka [21, 31].

Betanina i betanidyna reagują z wolnymi rodnikami powstającymi z rozpadu 2,2'-azobis(2-amidynopropanu), które najczęściej powodują niekontrolowane procesy utleniania lipoprotein o niskiej gęstości (LDL) [1, 5, 51-53]. Działanie betaniny ogranicza się tylko do fazy lipidowej, natomiast betanidyna charakteryzuje się aktywnością prze-

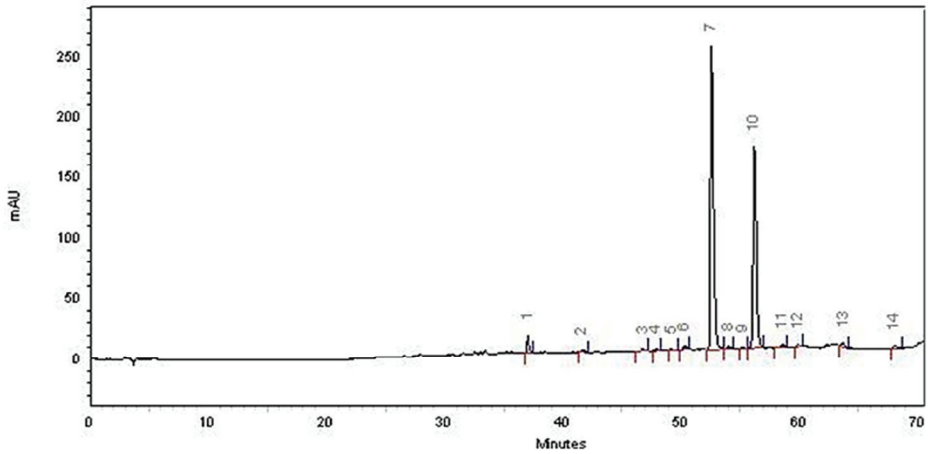
ciwutleniającą zarówno we frakcjach hydrofilnych, jak i lipofilnych [1, 51]. Kinetyka zdolności wygaszania wolnych rodników wskazuje na wyższą efektywność betanidyny, porównywalną z witaminą E. Mechanizm reakcji wygaszania azorodników przez betaninę polega na reakcji podstawienia glukozy grupą monofenolową, a w betanidynie możliwe jest podstawienie w pozycji *orto*-difenolu [52].

Biodostępność betacyjanin

Badania ostatnich lat wykazały, że przenoszenie wyników uzyskanych w modelach *in vitro* do modelu *in vivo* wymaga dużej ostrożności z uwagi na nie do końca poznany mechanizm przyswajania i metabolizowania związków o aktywności przeciwutleniającej w organizmie człowieka i zwierząt.

Biodostępność betacyjanin uzależniona jest od czynników strukturalnych tych związków, glikozylacji oraz obecności składników towarzyszących w diecie. Decydują one zarówno o miejscu ich wchłaniania w przewodzie pokarmowym, jak i o sposobie czy mechanizmie w jaki przenikają barierę jelitową. Oksydacyjnie najaktywniejsze są betanina i betanidyna. Związki te, spożywane przez człowieka i zwierzęta, już w bardzo małych stężeniach (w mikromolach) ograniczają procesy utleniania lipidowej warstwy membran komórkowych, jak również hamują proces rozkładu hemu, występującego w hemoglobinie, mioglobinie i cytochromach [19].

Wiedza na temat absorpcji betacyjanin w organizmie człowieka jest niewielka. Wiadomo, że betalainy pochodzące z owoców kaktusów w przewodzie pokarmowym człowieka degradowane są od 24 do 29 % w żołądku, w jelicie cienkim następuje kolejny ubytek stężenia o 20 - 26 % i w jelicie grubym dochodzi do dalszej degradacji betacyjanin o kolejne 20 - 29 % [41]. Betanina w formie niezmienionej wydalana jest wraz z moczem człowieka w ilości 3,7 % dawki pierwotnej (w przypadku betacyjanin z owoców kaktusa) [51] i od 0,28 % do 0,9 % w przypadku spożycia betacyjanin pochodzących z soku buraczanego [15, 19]. W surowicy krwi ochotników po spożyciu owoców kaktusa stwierdzono od 3,5 do 4,0 % spożytej dawki betacyjanin, w przeliczeniu na betaninę [51]. W osoczu krwi ochotników identyfikowano tylko betaninę. W treści jelita grubego (pobranej z części dystalnej) zwierząt doświadczalnych (szczurów) karmionych fermentowanym sokiem z buraka ćwikłowego stwierdzono obecność betacyjanin w stężeniu 39 ± 12,8 μg/g treści jelita, co stanowi około 1,6 % dawki pierwotnej. Analiza HPLC wyekstrahowanych z próbek treści jelitowej betacyjanin wykazała obecność głównie betanidyny i izobetanidyny, przy śladowej obecności betaniny, co może wskazywać że betanina całkowicie lub w części została zaabsorbowana, bądź uległa rozkładowi pod wpływem enzymów nabłonka jelitowego i aktywności enzymatycznej mikrobioty jelitowej (rys. 2) [24].

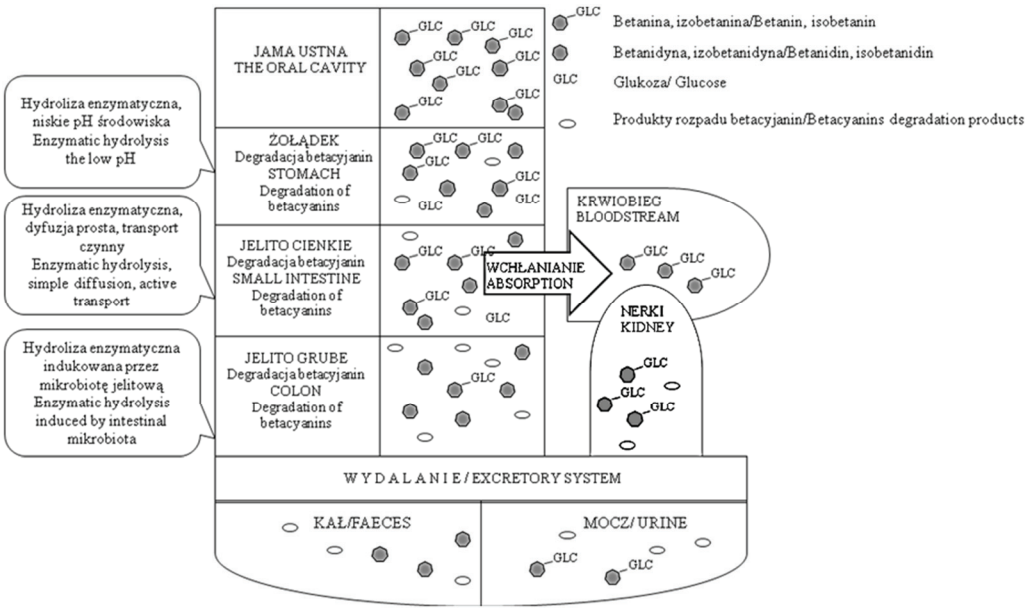


Analiza wykonana z wykorzystaniem kolumny Ace 5 C18, 538 nm; 1 – betanina, 7 – betanidyna, 10 – izobetanidyna. Piki 2-6, 8, 9, 11-14 związki nieoznaczane [24]. Wykorzystano chromatograf ThermoSeparation składający się z systemu Spectra P2000, detektora UV6000LP oraz integratora SN 4000. Analizę wykonano w metodą opisaną przez Stintzing i wsp. [48] z pewnymi modyfikacjami. Warunki rozdziału były następujące: eluent A składał się z 2 g/1000 ml TFA i 100 g/1000 ml HCOOH (65:35), eluent B uzyskano poprzez zmieszanie 1000 g/1000 ml acetonitrylu i 100 g/1000 ml HCOOH (80:20). Całkowity rozdział betacyjanin prowadzono w ciągu 80 min w temp. pokojowej, przy szybkości przepływu 0,9 ml/min. Przez pierwsze 15 min stosowano izokratyczny przepływ (100 %) eluentu A, a następnie gradient liniowy od 0 do 20 % eluentu B przez 65 min. Betacyjaniny były monitorowane przy długości fali 538 nm.
An analysis performed using an Ace 5 C18 column. Determined were: 1– betanin; 7 – betanidin; 10 – isobetanidin. Peaks: 2-6, 8, 9; non-determined compounds: 11-14 [24]. A liquid chromatograph ThermoSeparation was used made up of an Spectra System P2000 pump and a photodiode detector UV6000LP. and an SN 4000 integrator. The analysis was performed using an HPLC method described by Stintzing et al. [48] with a few modifications. HPLC conditions were as follows: eluent A consisted of 2 g/1000 ml TFA and 100 g/1000 ml HCOOH (65:35), and eluent B was prepared by mixing 1000 g/1000 ml acetonitrile and 100 g/1000 ml HCOOH (80:20). A complete separation of betalains was achieved within 80 min at a room temperature and at a flow rate of 0.9 ml/min. During the first 15 min, an isocratic flow of (100%) eluent A was carried out followed by a linear gradient from 0 to 20 % of B eluent during 65 min. Betalains were monitored at a wave length of 538 nm.

Rys. 2. Betanina, betanidyna i izobetanidyna w ekstrakcie wodnym treści jelitowej szczurów spożywających 3 ml/dzień fermentowanego soku z buraka ćwikłowego.
Fig. 2. Betanin, betanidin, and isobetanidin in water extract of intestinal contents in rats consuming 3 ml of fermented juice of beetroot per day.

Betanina, której obecność stwierdza się w osoczu krwi po spożyciu żywności bogatej w betacyjaniny jest glukozydem betanidyny. Śladowe ilości betaniny w treści jelitowej dowodzą, że w formie niezhydrolizowanej może być wchłaniana do krwiobiegu. Na absorpcję betacyjanin przez nabłonek jelita cienkiego mają wpływ mechanizmy transportu podczas wchłaniania jelitowego. Po wstępnym trawieniu w żołądku następuje transport masy pokarmowej do jelita cienkiego, gdzie ma miejsce jego dalsze

trawienie i wchłanianie. Trawienie w jelicie cienkim może odbywać się na powierzchni błony śluzowej, gdzie następnie wchłaniane są końcowe produkty przemian. Najważniejszą rolę we wchłanianiu jelitowym odgrywa dyfuzja prosta. Na tej drodze pobierane są hydrofilowe niskocząsteczkowe związki, które wraz z wodą przenikają przez pory komórek nabłonkowych jelita cienkiego oraz związki hydrofobowe – rozpuszczalne w warstwie lipidowej błony. Pozostałe produkty trawienia są wchłaniane za pośrednictwem transportu czynnego, wymagającego nakładu energii i obecności swoistych przenośników [36]. Do chwili obecnej nie wyznaczono schematów transportowych betacyjanin. Stężenie betacyjanin w surowicy krwi jest niewielkie w stosunku do spożytej dawki, co może sugerować o utrudnionym wchłanianiu tych związków. Przypuszcza się, że betacyjaniny są wchłaniane do krwioobiegu w niezmienionej formie i nie ulegają koniugacji z kwasem glukuronowym czy siarczanami, jak ma to miejsce w przypadku innych związków biologicznie aktywnych pochodzenia roślinnego – flawonoidów [15]. Znane są dwa mechanizmy umożliwiające przekroczenie bariery błony jelitowej przez flawonoidy w formie glikozydowej. Pierwszy polega na hydrolizie glikolizowanych flawonoidów przez β-glikozydazy i dalej w formie aglikonów mogą



Rys. 3. Hipotetyczny model przemian i wchłaniania betacyjanin przez człowieka [Opracowano na podstawie: 20, 24, 41, 51].

Fig. 3. Hypothetical model of transformations and absorption of betacyanins by humans [Prepared on the basis of: 20, 24, 41, 51].

być wchłaniane w wyniku dyfuzji prostej. Drugim jest transport glikozydów flawonoidów do enterocytów za pośrednictwem transportera glukozy zależnego od gradientu stężeń jonów sodu (Na^+) [35, 38]. Przypuszcza się, że betanina jest transportowana wg drugiego mechanizmu, określanego jako jelitowy kanał glukozowy, bez wcześniejszego odszczepienia cząsteczki glukozy. Hipotetyczny model przemian i absorpcji betacyjanin przedstawiono na rys. 3.

Przeciwnowotworowy mechanizm działania betacyjanin

Obecnie uważa się, że powstawanie i rozwój nowotworów to nie tylko wynik nagromadzenia mutacji komórkowych, ale również zdolność komórek nowotworowych do „wyłączania" mechanizmów samozniszczenia. Prowadzi to do zwiększenia żywotności komórek i utrwalania zaistniałych mutacji oraz oporności komórek na działanie cytostatyków. W efekcie końcowym następuje ograniczenie zjawiska apoptozy, które prowadzi do szeregu złośliwych chorób proliferacyjnych oraz układu odpornościowego [3]. W badaniach stosowane są testy oceniające poziom genotoksyczności (test Amesa, test kometkowy), cytotoksyczności (test MTT, NRU) oraz testy specyficzne określające aktywność enzymatyczną, np. enzymy fazy II procesu detoksykacji czy markery apoptozy. W tab. 1. zestawiono markery, sposób oraz materiał badań dotyczących biologicznej aktywności preparatów z buraka ćwikłowego i betaniny z kaktusów.

W teście Amesa wykorzystano zdolność bakterii do rewersji mutacji pod wpływem czynników wywołujących pierwotną mutację. Histydyno-zależne auksotroficzne mutanty bakterii *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium ulegają rewersji do form prototroficznych (His^+). Najczęściej stosowanymi szczepami w badaniach mutagenności czynników chemicznych są szczepy *Salmonella* oznaczone symbolami TA98 i TA100. Szczepy te mają mutację operonu histydyny; dla szczepu TA98 jest to mutacja genu D (*his*D3052) natomiast dla szczepu TA100 mutacja genu G (*his*G46). Dodatkowo u szczepów *Salmonella* TA98 i TA100 występuje mutacja *rfa,* która powoduje zwiększenie przepuszczalności ściany komórkowej bakterii i umożliwia penetrację związków chemicznych do wnętrza komórki. Delecja Δ*uvrB* powoduje zmniejszenie zdolności naprawy uszkodzeń DNA poprzez wycinanie. Do szczepów TA98 i TA100 wprowadzono dodatkowo plazmid pKM101 (tzw. czynnik R), który warunkuje mutagenezę zależną od systemu błędnej naprawy DNA oraz oporność na ampicylinę [2]. Antymutagenną aktywność fermentowanego soku buraka ćwikłowego, którego głównymi składnikami bioaktywnymi była mieszanina betacyjanin: betanina i betanidyna określiła w swoich badaniach Klewicka [27]. Aktywność antymutagenna soku w dawce 10 µl wynosiła od 50 do 56 % w teście *Salmonella* TA98 i około 55 % w teście *Salmonella* TA100, w zależności od zastosowanego do fermentacji szczepu.

T a b e l a 1

Markery biologicznej aktywności betacyjanin.
Markers of betacyanins' biological activity.

Test Test	Preparat/Produkt (skład) Preparation/Product (composition)	Literatura References
Test Amesa (genotoksyczność) Ames test (genotoxicity)	Sok z buraka ćwikłowego (betanina, izobetanina, neobetanina) Beetroot juice (betanin, isobetanin, neobetanin)	Butz i wsp. [4]
Test Amesa (genotoksyczność) Ames test (genotoxicity)	Sok z buraka ćwikłowego (betanina, izobetanina, neobetanina) Beetroot juice (betanin, isobetanin, neobetanin)	Klewicka [27]
Test Amesa (genotoksyczność) Ames test (genotoxicity)	Fermentowany sok z buraka ćwikłowego (betanina, izobetanina, betanidyna, izobetanidyna, neobetanina) Lactofermented beetroot juice (betanin, isobetanin, betanidin, isobetanidin, neobetanin)	Klewicka [27]
Test kometkowy (genotoksyczność, linia komórkowa Caco2) Comet test (genotoxicity, cell line Caco2)	Fermentowany sok z buraka ćwikłowego (betanina, izobetanina, betanidyna, izobetanidyna, neobetanina) Lactofermented beetroot juice (betanin, isobetanin, betanidin, isobetanidin, neobetanin)	Klewicka i wsp. [26]
Test MTT (aktywność dehydrogenazy bursztynianowej), NRU (obecność czerwieni obojętnej w żywych komórkach) (cytotoksyczność, linia komórkowa Caco2) MTT test (activity of succinate dehydrogenase), NRU (neutral red in the presence of living cells) (cytotoxicity, cell line Caco2)	Fermentowany sok z buraka ćwikłowego (betanina, izobetanina, betanidyna, izobetanidyna, neobetanina) Lactofermented beetroot juice (betanin, isobetanin, betanidin, isobetanidin, neobetanin)	Klewicka i wsp. [26]
ACF (aberrant crypt foci) (*in vivo*)	Fermentowany sok z buraka ćwikłowego (betanina, izobetanina, betanidyna, izobetanidyna, neobetanina) Lactofermented beetroot juice (betanin, isobetanin, betanidin, isobetanidin, neobetanin)	Klewicka i wsp. [26]

c.d. Tab. 1

Aktywacja i indukcja enzymów fazy II (linia komórkowa Hepa 1c1c7) Activation and induction of phase II enzymes (Hepa 1c1c7 cell line)	Ekstrakty z buraków ćwikłowych (ekstrakt czerwonych związków) Extracts from beetroots (red extract compounds)	Wettasinghe i wsp. [55] Lee i wsp. [33]
Aktywacja i indukcja enzymu fazy II - oksydoreduktazy NAD(P)H: chinonowej 1 (NQO1) (*in vivo*) Activation and induction of phase II enzyme: oxidoreductase NAD (P) H: quinone 1 (NQO1) (*in vivo*)	Ekstrakty z buraków ćwikłowych (ekstrakt czerwonych związków) Extracts from beetroots (red extract compounds)	Lee i wsp. [33]
Indukcja apoptozy (linia komórkowa K562) Induction of apoptosis (cell line K562)	Betanina (z kaktusa) Betanin (from cactus)	Sreekanth i wsp. [45]
Indukcja aktywności kaspazy – 3 (granulocyty obojętnochłonne PMN) Induction of activity of caspase - 3 (PMN neutrophils)	Sok z buraka ćwikłowego (betanina, izobetanina, neobetanina). Beetroot juice (betanin, isobetanin, neobetanin)	Zielińska – Przyjemska [56, 57]

Dla porównania ograniczenie rewersji mutantów His^+ przez sok, który poddano spontanicznej fermentacji wynosił zaledwie 28 % (jako próbę odniesienia 100 % przyjęto aktywność antymutagenną soku świeżego). W soku fermentowanym w sposób spontaniczny następuje ubytek betacyjanin nawet w 80 % [11]. Spowodowane jest to niekontrolowaną fermentacją indukowaną przez endogenną mikrobiotę surowca, która w tych warunkach degraduje czerwone barwniki. W wyniku kontrolowanej fermentacji soku z buraka ćwikłowego, pomimo zmiany proporcji betacyjanin w odniesieniu do świeżego soku, wartość antymutagenna zostaje zachowana. Świadczy to o wysokiej aktywności biologicznej betaniny i betanidyny, które są dominującymi związkami barwnymi po kontrolowanej fermentacji mlekowej [11]. Butz i wsp. [4] wykazali, że niekorzystnym czynnikiem stabilności betacyjanin jest temp. powyżej 80 ºC. Poddanie soku działaniu ciśnienia od 400 do 600 MPa w temp. od 25 do 50 ºC pozwoliło na zachowanie aktywności antymutagennej soku z buraka ćwikłowego.

Innym testem do określania genotoksyczności środowiska jest test kometkowy, w którym ocenia się uszkodzenia jądrowego DNA za pomocą alkalicznej elektroforezy pojedynczej komórki w żelu. W teście wykorzystuje się różnice szybkości migracji w polu elektrycznym nieuszkodzonego i uszkodzonego DNA jądra komórkowego. Nieuszkodzony DNA w wizualizacji obserwuje się jako głowę komety, natomiast uszkodzony materiał tworzy ciągnący się ogon [34]. Klewicka i wsp. [26], stosując test kometkowy, wykazali ograniczenie genotoksyczności środowiska kałowego

u zwierząt doświadczalnych spożywających fermentowany sok z buraka ćwikłowego o 60 %. Sok podawany zwierzętom zawierał 0,96 ± 0,002 mg/ml betacyjanin: betaninę (35 % całkowitego stężenia betacyjanin), betanidynę (40 %) oraz izobetaninę, izobetanidynę i neobetaninę (łącznie 25 %) [11]. Natomiast w wodzie kałowej dominowała betanidyna i izobetanidyna przy śladowej ilości betaniny [24]. Można przypuszczać, że betanidyna i izobetanidyna wykazują bioaktywne i ochronne działanie na jądrowe DNA komórki.

Testy cytotoksyczności pozwalają na określenie zmian powstałych w żywych komórkach, np.: ocenę integralności błon komórkowych czy aktywność enzymatyczną wybranych organelli komórkowych. Do takich testów zalicza się test z czerwienią obojętną (NRU), który polega na przenikaniu czerwieni do wnętrza żywych komórek i gromadzeniu się w lizosomach. Natomiast w teście MTT miernikiem żywotności komórek jest aktywność dehydrogenazy bursztynianowej. Enzym ten zlokalizowany jest w mitochondriach żywych komórek i przekształca rozpuszczalną sól tetrazoliową (bromek 3-(4,5-dimetylotiazol-2-yl)-2,5-difenylotetrazoliowy) w formę zredukowaną, czyli nierozpuszczalny formazan wytrącający się w postaci kryształów [8, 54]. Badania cytotoksyczności wody kałowej szczurów spożywających fermentowany sok z buraka ćwikłowego testami MTT i NRU na linii komórkowej Caco2 nie wykazały ochronnych właściwości betacyjanin [26].

W transformacji i eliminacji związków toksycznych z komórki uczestniczą dwie grupy enzymów. Enzymy fazy I należą do rodziny cytochromu P-450. Rolą enzymów fazy I jest przygotowanie związku toksycznego do dalszych przemian. W II etapie detoksykacji szczególną rolę odgrywają: S-transferaza glutationu (GST), oksydoreduktaza NAD(P)H: chinonowa 1 (NQO1), UDP-glukuronylotransferaza (UGT). Przemiany z udziałem wymienionych enzymów zwiększają rozpuszczalność ksenbiotyków w wodzie i ułatwiają ich wydalanie [29, 42]. Aktywności wymienionych enzymów w szczególności enzymy fazy II są wykorzystywanymi przez badaczy markerami detoksykacji komórek, szczególnie w obecności związków toksycznych. Badania mechanizmów działania betacyjanin z buraków ćwikłowych przeprowadziła grupa badawcza Wettasinghe i wsp. [55] na linii komórkowej Hepa 1c1c7 (komórki nowotworowe wątroby). Wykazali, że betacyjaniny indukują enzymy fazy II, w szczególności reduktazę chinonową (QR) (wg obecnej nomenklatury oksydoreduktaza NAD(P)H: chinonowa 1) (NQO1) [42, 55]. Badania przeprowadzone przez Lee i wsp. [33] potwierdziły, że indukcja aktywności NQO1 w komórkach Hepa 1c1c7 następuje tylko pod wpływem frakcji związków czerwonych (betacyjanin). W przypadku żółtych barwników (betaksantyn) nie zaobserwowano takiego efektu. Ta sama grupa badawcza w badaniach *in vivo* na szczurach wykazała, wyższą aktywność NQO1 w porównaniu z grupą kontrolą, w komórkach tkanek: jelita grubego, nerek, wątroby i płuc zwierząt, które otrzymywały ekstrakty betacyjanin.

Sreekanth i wsp. [45], stosując jako model eksperymentalny komórki białaczki K562 wykazali, że betanina pochodząca z kaktusa, po wniknięciu do wnętrza komórki może indukować procesy apoptozy i ograniczać namnażanie komórek nowotworowych. Komórki wykazywały typowe cechy morfotyczne apoptozy (kondensacja chromatyny, fragmentacja jądra, tworzenie ciałek apoptotycznych). W analizie wykonanej w mikroskopie konfokalnym potwierdzono, że betanina jest transportowana do wnętrza komórki. W żelu agarozowym stwierdzono fragmentację DNA na krótkie odcinki o długości 180 - 200 par zasad. Apoptoza jest procesem zaprogramowanym genetycznie i służącym do eliminacji komórek w danym momencie zbędnych lub uszkodzonych. Śmierć komórek może następować również w wyniku nekrozy. Nekroza wywołana jest poprzez, np. mechaniczne uszkodzenie komórki w wyniku działania promieniowania UV lub toksycznych związków chemicznych. W odróżnieniu od procesu nekrozy, cytoplazma oraz zawartość organelli komórki ulegającej apoptozie nie zostają uwolnione do przestrzeni międzykomórkowej, a ciałka apoptotyczne zostają sfagocytowane przez otaczające komórki lub makrofagi. W procesie apoptozy nie dochodzi do naciekania tkanki przez granulocyty i makrofagi, i w konsekwencji do stanu zapalnego tkanki, co ma miejsce w przypadku nekrozy [12, 13, 44]. Apoptoza może przebiegać w różny sposób, jednakże wyróżnia się dwa główne mechanizmy. Pierwszy sposób, to cykl przemian indukowany sygnałem pochodzącym z zewnątrz komórki, który jest związany z aktywacją błonowych „receptorów śmierci", należących do nadrodziny receptorów czynnika martwicy nowotworów TNFR (tumor necrosis factor receptor). Druga droga inicjacji apoptozy – szlak wewnątrzkomórkowy, przebiega z udziałem mitochondriów i wymaga uwolnienia cytochromu c do cytoplazmy. Cząsteczki cytochromu c w zdrowych komórkach nie przedostają się do cytoplazmy, gdyż nie mogą pokonać bariery błon mitochondrialnych. W utrzymaniu prawidłowej przepuszczalności błon biorą udział białka rodziny Bcl-2 [16, 32]. W obu szlakach dochodzi do pobudzenia szeregu białek pośredniczących w przekazywaniu sygnału apoptotycznego i aktywacji enzymów zwanych kaspazami [39, 44]. Uwolniony do cytoplazmy cytochrom c wraz z białkiem Apaf-1 (apoptotic protease activating factor-1) i ATP tworzy strukturę zwaną apoptosomem. Oligomeryzacja białka Apaf-1 i przyłączenie szeregu cząstek prokaspazy–9, które ulegają samoaktywacji prowadzi do powstania długotrwałej struktury aktywnej katalitycznie. Rolą apoptosomu jest aktywacja kaspazy–3, zasadniczego enzymu wykonawczego procesu apoptozy [23, 44]. Kaspaza-3 jest odpowiedzialna za kondensację chromatyny, degradację DNA oraz rozkład wielu substratów (wimentyny, topoizomerazy I, białka STAT-1, gelsoliny, α-fodryny, PARP). Dzięki mnogości substratów kaspaza-3 jest najważniejszą spośród kaspaz wykonawczych. Przypuszcza się, ze pomiar jej aktywności może służyć do oceny nasilenia procesu apoptozy [28]. Zielińska-Przyjemska i wsp. [56, 57] stwierdzili, że sok buraka ćwikłowego w stężeniu 0,1 – 50 % (v/v) po 24-godzinnej hodowli niestymulowanych

i stymulowanych komórek ludzkich granulocytów obojętnochłonnych (PMN) indukuje zarówno spontaniczną apoptozę PMN, jak i stymulowaną estrem forbolu. Natomiast aktywność kaspazy-3 w 2-godzinnej hodowli PMN w obecności soku z buraka ćwikłowego nie różniła się od wartości notowanych w próbie kontrolnej. Zauważyli ponadto zależną w czasie indukcję aktywności kaspazy-3 przez składniki soku z buraka ćwikłowego [56, 57].

W przedstawionych powyżej pracach omawiających możliwy przeciwnowotworowy mechanizm działania betacyjanin zastosowane były różnorodne testy i różnego pochodzenia betacyjaniny o różnorodnym składzie barwników czerwonych. Większość z tych testów była przeprowadzana w warunkach *in vitro*. Badania te nie uwzględniają przemian, jakim mogą ulegać betacyjaniny podczas pasażu przez przewód pokarmowy czy podczas wchłaniania i wydalania metabolitów tych związków. Niemniej są one bardzo pomocne w dalszym projektowaniu badań na poziomie *in vivo*. Konkludując, wyłania się koncepcja wielokierunkowego prewencyjnego działania betacyjanin:

- ochrona materiału genetycznego komórki, która ma bezpośredni kontakt z batacyjaninami,
- detoksykacja komórek poprzez indukcję i aktywację enzymów fazy II,
- ograniczenie proliferacji komórek nowotworowych, poprzez możliwy indukowany proces apoptozy.

Aby potwierdzić pozytywne (ochronne) działanie czynników żywieniowych niezbędne są badania *in vivo*, w pierwszej kolejności zawsze na modelu zwierzęcym. Modelem do oceny przeciwnowotworowych właściwości czynników żywieniowych lub chemioterapeutyków jest chemiczna indukcja aberracji krypt jelita grubego (ACF) u zwierząt (zazwyczaj u szczurów). W badaniach Klewickiej i wsp. [26] zastosowano chemiczny model indukowania zmian ACF przez N-nitrozo-N-metylomocznik (MNU) wg Tache i wsp. [50]. Jako biomarkery efektu mutagennego MNU stosowano ilość i wielkość zmian ACF. W grupie zwierząt, w której indukowano zmiany ACF stwierdzono w jelicie grubym (część dystalna i proksymalna) 55 ± 18 zmian przy czym 45 ± 21 sklasyfikowano jako duże zmiany (4 i powyżej, krypt w ognisku). W grupie zwierząt spożywających 3 ml fermentowanego soku buraczanego obok MNU, przez cały okres doświadczenia ilość zmian ACF jelita kształtowała się na poziomie 21 ± 6 całkowitej liczby zmian w tym 7 ± 4 zaklasyfikowano jako duże zmiany. Stwierdzono więc ograniczenie ilości i wielkości zmian ACF w wyniku spożywania fermentowanego soku z buraka ćwikłowego, będącego źródłem betacyjanin.

Przedstawione nieliczne badania nad mechanizmem działania betacyjanin na komórki nowotworowe są badaniami pionierskimi, wymagają kontynuacji i poszerzenia wiedzy o wewnątrzkomórkowych interakcjach prowadzących do ograniczania nieprawidłowych procesów zachodzących na poziomie komórki.

Podsumowanie

Warzywa (burak ćwikłowy – *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) i owoce kaktusów (*Hylocereus* sp., *Opuntia* sp.) zawierające bioaktywne betacyjaniny są częścią diety człowieka. Biodostępność betacyjanin jest mała, co może być spowodowane częściową degradacją w przewodzie pokarmowym, jak również utrudnionym wchłanianiem w jelicie cienkim. W osoczu krwi po spożyciu żywności bogatej w betacyjaniny oznacza się stężenia na poziomie mikromolarnym. Pomimo małych stężeń betacyjanin w krwiobiegu człowieka obserwuje się ograniczenie procesów utleniania lipidowej warstwy membran komórkowych [19]. Dodatkowo, związki te biorą udział w szlakach aktywacji enzymów fazy II, odpowiedzialnych za detoksykację komórek i usuwanie ksenobiotyków [29]. W przypadku betaniny wiadomo, że może aktywować ona mitochondrialny szlak apoptozy komórek nowotworowych [45]. Regularne spożywanie żywności bogatej w betacyjaniny może prowadzić do ograniczenia występowania chorób degeneracyjnych, powstających w wyniku uszkodzenia strukturalnego komórek w tkankach narządów.

Literatura

[1] Allegra M., Tesoriere L., Livera M.A.: Betanin inhibits myeloperoxidase/nitrite-induced oxidation of human low-density lipoproteins. Free Radic. Res., 2007, **41**, 335-341.

[2] Ames B.N., McCann J., Yamasaki E.: Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella*/mammalian-microsome mutagenicity test. Mut. Res., 1975, **31**, 347-364.

[3] Arends M.J., Wyllie A.H.: Apoptosis: mechanism and roles in pathology. Int. Rev. Exp. Path., 1991, **32,** 223-254.

[4] Butz P., Edenharder R., Fisher H., Tauscher B.: The influence of high pressure processing on antimutagenic activities of fruit and vegetable juices. Food Res. Int., 1997, **3/4**, 287-291.

[5] Cai Y., Sun M., Corke H.: Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. J. Agric. Food Chem., 2003, **51**, 2288-2294.

[6] Cai Y-Z. Sun M., Corke H.: Characterization and application of betalain pigments from plants of the *Amaranthaceae*. Trends in Food Sci. Technol., 2005, **16**, 370-376.

[7] Chethana S., Chetan A., Nayak, Raghavarao K.S.M.S.: Aqueous two phase extraction for purification and concentration of betalains. J. Food Eng., 2007, **81**, 679-687.

[8] Chiba K., Kawakami K., Tohyama K.: Simultaneous evaluation of cell viability by neutral red, MTT and crystal violet staining assays of the same cells. Toxicology in Vitro*,* 1998, **12, 3**, 251-258.

[9] Czapski J.: Naturalne przeciwutleniacze w żywności. Betalainy. W: Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne technologiczne molekularne i analityczne. Red. W. Grajek. WNT, Warszawa 2007, ss., 158-163.

[10] Czapski J., Mikołajczyk K., Kaczmarek M.: Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and contents of betalin pigments. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2009, **59 (2)**, 119-122.

[11] Czyżowska A., Klewicka E., Libudzisz Z.: The influence of lactic acid fermentation process of red beet juice on the stability of biologically active colorants. Eur. Food Res. Technol., 2006, **223**, 110-116.

[12] Darzynkiewicz Z., Gorczyca W., Ardelt B., Halicka D., Juan G., Traganos F.: Cytometria apoptozy i martwicy. Central Eur. J. Immunol, 1996, **21**, S156-S170.

[13] Darzynkiewicz Z., Juan G., Xun L.I. Gorczyca W., Murakami T., Traganos F.: Cytometry in cell necrobiology: Analysis of apoptosis and accidental cell death (necrosis). Cytometry, 1997, **27**, 1-20.
[14] Delgado-Vargas F., Jimenez A.R., Lopez O.P.: Natural pigments: carotenoids, anthocyanins and betalains – characteristics biosynthesis processing and stability. Critical Rev. Food Sci. Nutr., 2000, **40 (3)**, 173-289.
[15] Frank T., Stintzing F.C., Carle R., Bitsch I., Quaas D., Straß G., Bitsch R., Netzel M.: Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy human. Pharmacol. Res., 2005, **52**, 290-297.
[16] Green D.R., Reed J.C.: Mitochondria and apoptosis. Science, 1998. 281, **28**, 1309-1312.
[17] Havlikova L., Mikova K., Kyzlink V.: Heat stability of betacyanins. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 1983, **177**, 247-270.
[18] Herbach K.M., Stintzing F.C., Carle R.: Betalain stability and degradation – structural and chromatic aspects. J. Food Sci., 2006, **71 (4)**, R41-R50.
[19] Kanner J., Harel S., Granit R.: Betalains - A new class of dietary cationize antioxidants. J. Agric. Food Chem., 2001, **49 (11)**, 5178-5185.
[20] Kapadia G.J., Azuine M.A., Sridhar R., Okuda Y., Tsuruta A., Ichiishi E., Mukainake T., Takasaki M., Konoshima T., Nishino H., Tokuda H.: Chemoprevention of DMBA-induced UV-B promoted, NOR 1-induced TPA promoted skin carcinogenesis, and DEN-induced phenobarbital promoted liver tumors in mice by extract of beetroot. Pharmacol. Res., 2003, **47**, 141-148.
[21] Kazimierczak R., Hallmann E., Treščinska V., Rembiałkowska E.: Estimation of the nutritive value of two red beet (*Beta vulgaris*) varieties from organic and conventional cultivation. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2011, **56 (3)**, 206-210.
[22] Kidoń M., Czapski J.: Wpływ obróbki termicznej na zawartość barwników betalainowych i ich zdolność przeciwutleniającą buraka ćwikłowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **1 (50)**, 124-131.
[23] King M.A., Radicchi-Mastroiani M.A.: Antimycin A – induced apoptosis of HL-60 cells. Cytometry, 2002, **49**, 106-112.
[24] Klewicka E. Dane niepublikowane.
[25] Klewicka E., Laskowska J., Libudzisz Z.: Fermentowany sok z buraka ćwikłowego i jego aktywność przeciwutleniająca. Mat. Konf. pt. Żywienie a zdrowie – interakcje. Kraków 2005, ss. 55.
[26] Klewicka E., Nowak A., Zduńczyk Z., Cukrowska B., Błasiak J.: Protective effect lactofermented beetroot juice against aberrant crypt foci formation and genotoxicity of fecal water rats. Exp. Toxicol. Pathol., 2011, doi: 10.1016/j.etp.2010.12.001.
[27] Klewicka E.: Fermented beetroot juice as a factor limiting chemical mutation induced by MNNG in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA 100 strains. Food Technol. Biotechnol., 2010, **48 (2)**, 229-233.
[28] Korzeniowska-Dyl I.: Kaspazy – struktura i funkcja. Pol. Merk. Lek., 2007, XXIII, **138**, 403-407.
[29] Krajka-Kuźniak V.: Indukcja enzymów II fazy jako strategia chemioprewencji nowotworów i innych schorzeń degeneracyjnych. Postępy Hig. Med., Dośw., 2007, **61**, 627-638.
[30] Kugler F, Stintzing F.C., Carle R.: Characterisation of betalain patterns of differently coloured inflorescences form *Gomphrena globosa* L. and *Bougainvillea* sp. by HPLC-DAD-ESI-MS. Anal. Bioanal. Chem., 2007, **387**, 637-648.
[31] Kujala T.S., Loponen J M., Klika K.D., Pihlaja K.: Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. J. Agric. Food Chem., 2000, **48**, 5338-5342.
[32] Kwiecińska J., Reśliński A., Gospodarek E., Grzanka A.: Rola pałeczek gram-ujemnych w indukcji/regulacji apoptozy. Post. Mikrobiol., 2007, **46, 2**, 125-137.

[33] Lee, C.H., Wettasinghe, M., Bolling, B.W., Ji, L.L., Parkin, K.L.: Betalains, phase II enzyme-inducing components from red beetroot (*Beta vulgaris L.*) extracts. Nutr. Cancer, 2005, **53**, 91-103.
[34] McKelvey-Martin V.J., Green M.H.L., Schmezer P., Pool-Zobel B.L., De Meo P.M., Collins A.: The single cell gel electrophoresis assay (comet assay): A European review. Mutat. Res., 1993, **288**, 47-63.
[35] Moreno D.A., Garcia-Viguera C., Gil J.I., Gil-Izquiero A.: Betalains in the era of global agr-food science, technology and nutrition health. Phytochem. Rev., 2008, **7**, 261-280.
[36] Nayak C.A., Chethana S., Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S.: Enhanced mass transfer during solid-liquid extraction of gamma irradiated red beetroot. Radiat. Phys. Chem., 2006, **75,** 173-178.
[37] Piasek A., Bartoszek A., Namieśnik J.: Substancje pochodzenia roślinnego przeciwdziałające kardiotoksyczności towarzyszącej chemioterapii nowotworów. Postępy Hig. Med. Dośw., 2009, **63**, 142-158.
[38] Piskuła M.K.: Wchłanianie i metabolizm flawonoidów. W: Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne technologiczne molekularne i analityczne. Red. W. Grajek. WNT, Warszawa. 2007, ss. 366-370.
[39] Radziszewska E., Piwocka K. Skierski J.: UVC-induced cell death of IL-2-dependet human lymphocytes. Cell. Biol. Int., 1999, **23**, 97-103.
[40] Rakin M. Vukasinovis A., Siler-Marinkovic S., Maksimovic M.: Contribution of lactic acid fermentation to improved nutritive quality vegetable juices enriched with brewer's yeast autolysate. Food Chem., 2007, **100**, 599-602.
[41] Reynoso R.C., Giner T.V., Gonzalez De Mejia E.: Safety of filtrate of fermented garambullo fruit: biotransformation and toxicity studies. Food Chem. Toxicol., 1999, **37**, 825-830.
[42] Ross D.: Quinone reductases multitasking in the metabolic world. Drug Metab. Rev., 2004, **36**, 639-654.
[43] Saguy I., Kopelman I.J., Mizrahi S.: Thermal kinetic degradation of betanin and betalamic acid . J. Agric. Food Chem., 1978, **26**, 360-362.
[44] Skierski J.: Badanie działania cytotoksycznego substancji chemicznych. Post. Biol. Kom., 2008,35, **24**, 147-163.
[45] Sreekanth D., Arunasree M.K. Roy K.R., Reddy T.Ch. Reddy G.V., Reddanna P.: Betanin a betacyanin pigment purified from fruits of *Opuntia ficus-indica* induces apoptosis in human chronic myeloid leucemia cell line-K562. Phytomedicine, 2007, **14**, 739-746.
[46] Stintzing F.C, Schieber A, Carle R.: Evaluation of color properties and chemical quality parameters of cactus juices. Eur. Food Res. Technol., 2003, **216**, 303-311.
[47] Stintzing F.C., Carle R.: Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends Food Sci. Technol., 2004, **15**, 19-38.
[48] Stintzing F.C., Schieber A., Carle R.: Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L) and cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.] by high performance liquid chromatography – electrospray ionization mass spectrometry. J. Agric. Food Chem., 2002, **50**, 2302-2307.
[49] Strack D., Vogt T., Schliemann W.: Recent advances in betalain research. Phytochemistry, 2003, **62**, 247-269.
[50] Tache S., Ladam A., Corpet DE.: Chemoprevention of aberrant crypt foci in the colon of rats by dietary onion. Eur. J. Cancer, 2007, **43**, 454-458.
[51] Tesoriere L., Allegra M., Butera D., Livrea M.A.: Absorption, extraction and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: potential health effects of betalains in human. Am. J. Clin. Nutr., 2004, **80**, 941-945.
[52] Tesoriere L., Allegra M., Gentile C., Livrea M.A.: Betacyanins as phenol antioxidants. Chemistry and mechanistic aspects of lipoperoxyl radical-scavening activity in solution and liposomes. Free Radic. Res., 2009, **(43) 8**, 706-717.

[53] Tesoriere L., Butera D., D'Arpa D., Di Guadio F., Allegra M., Gentile C. Livera M.A.: Increased resistance to oxidation of betalain –enriched human low density lipoproteins. Free Radic. Res., 2003, **37**, 689-696.
[54] Vistica D.T., Skehan P., Scudiero D. Monks A., Pittman A., Boyd M.R.: Tetrazolium-based assays for cellular viability: a critical examination of selected parameters affecting formazan production. Cancer Res., 1991, **51, 10**, 2515-2520.
[55] Wettasinghe M., Bolling B., Plhak L. Xiao H., Parkin K.L: Phase II enzyme-inducing and antioxidant activities of beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts from phenotypes of different pigmentation. J. Agric. Food Chem., 2002, **50**, 6704-6709.
[56] Zielińska-Przyjemska M., Olejnik A., Dobrowolska-Zachwieja A., Grajek W.: *In vitro* effects of beetroot juice and chips on oxidative metabolism and apoptosis in neutrophils from obese individuals. Phytother. Res., 2009, **23**, 49-55.
[57] Zielińska-Przyjemska M., Olejnik A., Grajek W.: Wpływ soku z buraka ćwikłowego i aronii *in vitro* na metabolizm tlenowy i apoptozę ludzkich granulocytów obojętnochłonnych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **2 (51)**, 174-186.

BETACYANINS – BIOAVAILABILITY AND BIOLOGICAL ACTIVITY

S u m m a r y

In the paper there are discussed the structure and properties of red betalain pigments: betacyanins, occurring in the plants belonging to certain families of the Caryophyllales order. People consume the betacyanins containing plants either raw or in the form of canned food and vegetable concentrates. Moreover, the extracts of betacyanin pigments are added to food products as natural colouring preparations. In Europe, the beetroot (Beta vulgaris L. subsp. vulgaris) is the most popular source of betacyanins. In this paper, the biological activity of those compounds was highlighted as were probable mechanisms of their effects on the human body. A possible absorption and circulation model of betacyanins in the human body was suggested. Furthermore, some data were presented, which referred to anticancer activity of betacyanins and their role in preventing degenerative diseases and cancer.

Key words: betacyanins, betanin, antioxidant activity, bioavailability

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 22 – 32

ARTUR WIKTOR, DOROTA WITROWA-RAJCHERT

ZASTOSOWANIE PULSACYJNEGO POLA ELEKTRYCZNEGO DO WSPOMAGANIA PROCESÓW USUWANIA WODY Z TKANEK ROŚLINNYCH

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

Suszenie należy do najpowszechniej stosowanych operacji w technologii żywności. Głównym jego celem jest utrwalenie żywności, co wiąże się z ograniczeniem rozwoju mikroorganizmów oraz zahamowaniem reakcji enzymatycznych i nieenzymatycznych. Proces limitowany jest głównie przez wewnętrzne opory ruchu wody, będące konsekwencją komórkowej struktury suszonego materiału. Rosnące wymagania konsumentów, którzy domagają się produktów o wysokiej jakości, a także producentów, którzy poszukują ekonomicznych rozwiązań, są przyczyną poszukiwań alternatywnych do termicznych metod obróbki wstępnej przed suszeniem. Jedną z najbardziej przyszłościowych technik jest wykorzystanie fal elektrycznych o wysokiej amplitudzie napięcia – w skrócie PEF (ang. pulsed electric field). Szczególnie istotny wpływ stosowania zmiennego pola elektrycznego o wysokiej amplitudzie napięcia, jako zabiegu wstępnego przed właściwym procesem, stwierdzono w przypadku operacji determinowanych oporami ruchu masy wewnątrz materiału, np. ekstrakcji, tłoczenia, a szczególnie odwadniania osmotycznego i suszenia.

Słowa kluczowe: pulsacyjne pole elektryczne (PEF), suszenie, odwadnianie osmotyczne, obróbka wstępna

Wprowadzenie

Suszenie jest jedną z najstarszych, konwencjonalnych metod usuwania wody z żywności. Obecnie suszona żywność spożywana jest przez konsumentów bezpośrednio lub stanowi półprodukt do dalszego przetwarzania. Coraz częściej suszone owoce czy warzywa używane są jako składniki żywności wygodnej typu*: ready-to-cook* (gotowej do gotowania) czy nawet *ready-to-eat* (gotowej do spożycia) [12]. W związku z tym, jakość produktów suszonych spożywanych bezpośrednio oraz tych kierowanych do dalszego przerobu musi być wysoka. Jednocześnie świadomi konsumenci oczekują nie tylko artykułów o pożądanych walorach smakowych, ale także takich, w których

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

żywieniowo ważne substancje zostały zachowane w możliwie największym stopniu. Nie bez znaczenia są również wymagania producentów, którzy poszukują rozwiązań ekonomicznie uzasadnionych. W związku z tym prowadzone są badania nad nowymi metodami suszenia oraz zabiegami wstępnymi, których celem, oprócz intensyfikacji samego procesu, jest sprostanie wymaganiom rynku. Do najpopularniejszych metod obróbki wstępnej należą zabiegi termiczne, które, poprawiając warunki wymiany masy, powodują jednocześnie szereg niekorzystnych zmian w produkcie, np. nieodwracalne zmiany barwy czy degradację związków biologicznie aktywnych [3]. Jedną z najbardziej obiecujących nietermicznych technik obróbki wstępnej przed suszeniem jest wykorzystanie fal elektrycznych o wysokiej amplitudzie napięcia – PEF (*ang. pulsed electric field*) [26].

Pulsacyjne pole elektryczne w przetwórstwie żywności

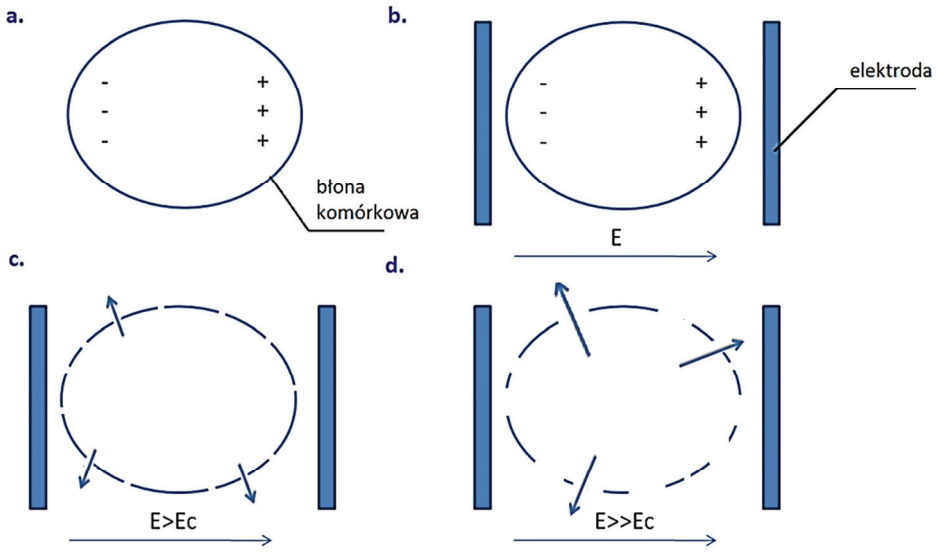
Zastosowanie prądu elektrycznego w przetwórstwie żywności było przedmiotem zainteresowania naukowców już na początku XX w. W 1920 r. opracowana została metoda pasteryzacji mleka („*ElectroPure Process*") przy użyciu zmiennego prądu elektrycznego o niskiej częstotliwości. Pionierskie badania nad zastosowaniem pulsacyjnego prądu elektrycznego w technologii żywności prowadził niemiecki inżynier Doevenspeck, który w 1960 r. opatentował metodę wykorzystującą fale elektryczne o wysokim napięciu do dezintegracji komórek materiału żywnościowego w celu separacji poszczególnych faz [26].

Pilotowe systemy ELCRACK® i ELSTRIL®, zaproponowane przez Krupp Maschinentechnik już w 1986 r., wykorzystywały pulsacyjne pole elektryczne do sterylizacji żywności oraz ekstrakcji olejów i tłuszczów jadalnych [27]. Mimo że nad zastosowaniem pulsacyjnego pola elektrycznego w przetwórstwie spożywczym pracuje około 20 grup badawczych [27], to jego wykorzystanie w skali przemysłowej wciąż ogranicza się do jednej stacji utrwalającej sok owocowy. Sok ten sprzedawany jest w Portland w stanie Oregon w USA [10].

Mechanizm elektropermeabilizacji i wpływ pola elektrycznego na komórki

Istotą zastosowania fal elektrycznych o wysokiej amplitudzie napięcia jest plazmoliza indukowana działaniem pola elektrycznego (elektroplazmoliza). Mechanizm tego zjawiska nie został jeszcze dobrze wyjaśniony, w związku z czym przyjęto określać je mianem elektropermeabilizacji [16]. Istnieje wiele teorii tłumaczących zmiany, które zachodzą w plazmolemmie pod wpływem pulsacyjnego pola elektrycznego [11]. Obecnie najbardziej popularnym i najszerzej akceptowanym wyjaśnieniem tego zjawiska jest elektroporacja błony komórkowej, czyli powstawanie lub wzrost natywnych, już istniejących porów membranowych. Komórka biologiczna zachowuje się w sposób podobny do kondensatora z niską wartością stałej dielektrycznej. W związku z tym,

gdy zostanie ona umieszczona w obszarze działania pola elektrycznego, jony znajdujące się wewnątrz oraz na zewnątrz komórki zaczną poruszać się zgodnie z kierunkiem przyłożonego pola elektrycznego. W konsekwencji prowadzi to do akumulacji wolnych, naładowanych przeciwnie ładunków elektrycznych po obu stronach błony komórkowej. Te ładunki mogą oddziaływać na siebie wzajemnie i powodują lokalne wzrosty ciśnienia, co prowadzi do zmian grubości błony komórkowej, a w konsekwencji do przerwania jej ciągłości [16, 29]. W zależności od zastosowanych parametrów elektropermeabilizacja może mieć charakter odwracalny lub nieodwracalny. Nieodwracalna elektroporacja zachodzi, gdy naturalny potencjał membranowy komórki w wyniku aplikowanego pola elektrycznego wzrośnie powyżej naturalnej, krytycznej wartości, wynoszącej około 1V. W takim przypadku dochodzi do przerwania ciągłości błony komórkowej, w wyniku czego komórka nie jest w stanie prowadzić normalnych funkcji życiowych (rys. 1).



Objaśnienia: / Explanatory notes:
E – aplikowane natężenie pola elektrycznego / applied electric field strength; E_c – krytyczne natężenie pola elektrycznego / critical electric field strength.

Rys. 1. Schematyczne przedstawienie wpływu pola elektrycznego na komórki.
Fig. 1. Schematic representation of impact of pulsed electric field on cells.
Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie / the authors own study based on [26].

Uszkodzona błona komórkowa jest w większym stopniu przepuszczalna dla małych cząsteczek, co ułatwia wyrównanie ciśnienia osmotycznego pomiędzy środowiskiem zewnętrznym a zawartością komórki. Może to powodować jej pęcznienie

i ewentualne zniszczenie struktury komórkowej. Napięcie krytyczne zależy od wielkości komórki. Im jest ona mniejsza, tym większe napięcie krytyczne należy zastosować. Komórki owoców i warzyw mają większe rozmiary od komórek mikroorganizmów, więc krytyczny potencjał, powodujący ich permeabilizację, jest osiągany przy niższych natężeniach pola elektrycznego. Przykładowo, optymalna przepuszczalność membran papryki, określana wielkością pola powierzchni powstałych porów, jest osiągana przy natężeniu 1,5 - 3,0 kV/cm i przy zastosowaniu od 10 do 30 impulsów [2]. Natomiast natężenie niezbędne do inaktywacji drobnoustrojów wynosi 12 - 50 kV/cm [11, 21].

Częstotliwość aplikowanego pola elektrycznego mieści się w przedziale 1 – 1000 Hz. Zdarzają się jednak procesy, w których może ona wynosić ponad 1000 Hz [5].

Liczba impulsów również zależy od charakterystyki stosowanego urządzenia, cech surowca oraz celu procesu. Tedjo [25] wykazał, że największy efekt elektropermeabilizacji w przypadku winogron występuje przy aplikacji do 20 impulsów. Aplikacja ponad 20 impulsów zwiększa stopień permeabilizacji błony, jednak w znacznie mniejszym stopniu. Identyczne wnioski wysunęli Knorr i Angersbach [14]. Z kolei Rastogi i wsp. [21] oraz Ade-Omowaye i wsp. [2] nie stwierdzili korelacji pomiędzy wzrostem aplikowanych pulsów a zwiększeniem ubytku wody z jabłek podczas odwadniania osmotycznego.

Czas prowadzenia procesu, podobnie jak inne parametry, w dużej mierze zależy od założonego celu, właściwości materiału oraz stosowanego urządzenia. Bazhal i wsp. [7] udowodnili, że dłuższy czas aplikacji pulsacyjnego pola elektrycznego powodował większy stopień elektropermeabilizacji komórek jabłka.

Zniszczenie naturalnej struktury błony komórkowej (perforacja) ułatwia przebieg dyfuzji wody i składników w niej rozpuszczonych. Zmniejsza to opory ruchu masy (powoduje przyspieszenie wielu procesów, np. suszenia czy odwadniania osmotycznego) oraz poprawia warunki ekstrakcji.

Warto wspomnieć także o wpływie pulsacyjnego pola elektrycznego na działanie enzymów występujących w żywności. Zhao i wsp. [28] badali możliwości wykorzystania pulsacyjnego pola elektrycznego do inaktywacji polifenylooksydazy wyekstrahowanej z gruszki (*in vitro)*. Maksymalną inaktywację, wynoszącą 95,5 %, stwierdzono w przypadku zastosowania prądu elektrycznego o natężeniu 35 kV/cm przez 1200 μs w temp. 40 °C.

Ohshima i wsp. [17] również badali wpływ PEF na aktywność termicznie zdenaturowanych białek enzymatycznych. Stwierdzili, że PEF może prowadzić zarówno do inaktywacji enzymów, jak i do refoldingu enzymów zdenaturowanych. Należy zaznaczyć, że charakter zjawisk występujących w białkach po aplikacji PEF zależy od parametrów obróbki oraz od rodzaju enzymu. Przykładowo, aktywność zdenaturowanej peroksydazy wzrosła z 10 do 60 % (w porównaniu z enzymem natywnym niepodda-

nym żadnej obróbce) po aplikacji pulsacyjnego pola elektrycznego o natężeniu 12 kV/cm przez 30 s. W przypadku natywnej peroksydazy, aktywność enzymatyczna próbki poddanej działaniu 17 kV/cm przez 30 s wzrosła do 120 %. Z kolei pulsacyjny prąd elektryczny o natężeniu 23 kV/cm powodował obniżenie jej aktywności enzymatycznej. Podobne wartości uzyskano w przypadku natywnej β-galaktozydazy (13 kV/cm przez 30 s). Jak wspomniano, kierunek zjawisk występujących w białkach enzymatycznych indukowanych przez PEF zależy także od rodzaju enzymu. W przypadku dehydrogenazy mleczanowej (LDH) zaobserwowano, że aktywność enzymatyczna denaturowanego enzymu po obróbce PEF jest niższa od aktywności próbki, w której refolding wystąpił spontanicznie. Ogólnie należy stwierdzić, że działanie PEF może powodować pewne zmiany w konformacji, które wpływają na podwyższenie lub obniżenie aktywności enzymatycznej, w zależności od zastosowanych parametrów.

Rozwiązania konstrukcyjne aparatów służących do aplikacji pulsacyjnego pola elektrycznego

W ciągu ostatnich lat zaprezentowano wiele rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń wykorzystujących fale elektryczne o wysokiej amplitudzie napięcia do dezintegracji komórek żywności (elektroplazmolizery). Zasadniczo elektroplazmolizery składają się z następujących części składowych: generator pulsacyjnego pola elektrycznego, bateria kondensatorów, elektrody, komora obróbki elektrycznej [16]. Wymienione elementy stanowią podstawę działania aparatów do aplikacji pulsacyjnego pola elektrycznego. Oprócz nich w urządzeniach tego typu instaluje się również części, których zadaniem jest sterowanie oraz kontrolowanie procesu. W tej grupie należy wymienić: termopary, czujniki kontroli napięcia oraz natężenia, oscyloskopy, cyfrowe urządzenia rejestrujące [15]. Ważną częścią jest również oprogramowanie urządzeń gromadzących i rejestrujących dane, które powinno być niezawodne i łatwe w obsłudze. Najczęściej konstruuje się układy wytwarzające i aplikujące pulsy przemiennego prądu elektrycznego o prostokątnym sygnale fali elektrycznej. W porównaniu z układem generującym fale o sygnale wykładniczym, układ ten ma więcej kondensatorów oraz induktory, co oczywiście zwiększa koszty inwestycyjne. W literaturze stwierdza się jednak, że fale o takim kształcie wykazują lepszy efekt dezintegracyjny [16].

Pierwsze schematyczne propozycje budowy urządzeń wykorzystujących przemienny, pulsacyjny prąd elektryczny zaproponował i opatentował Doevenspack [26]. Zasugerował, aby elektrody umieszczone były odpowiednio w wale mieszadła oraz w ściankach zbiornika lub w przenośniku ślimakowym, w którym jedną z elektrod stanowiłaby oś wału, a drugą byłyby ściany przenośnika. Innym przykładem może być elektroplazmolizer o budowie rolkowej. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest połączenie wstępnej obróbki elektrycznej z obróbką mechaniczną [16].

Wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego na przebieg wybranych operacji jednostkowych

Ekstrakcja i tłoczenie

Pulsacyjne pole elektryczne używane jest w szeroko rozumianych procesach ekstrakcji, np. jako zabieg wspomagający tłoczenie soku. Praporscic i wsp. [18] badali wpływ PEF na pozyskiwanie soku jabłkowego oraz marchwiowego. Wykazali, że działanie pulsacyjnego pola elektrycznego podwyższa wydajność tłoczenia oraz wpływa na cechy jakościowe otrzymanych produktów. Soki otrzymane poprzez tłoczenie wspomagane polem elektrycznym charakteryzowały się większą klarownością oraz większą zawartością suchej masy w porównaniu z produktami otrzymanymi metodą tradycyjną. Podobne wyniki otrzymali Bazhal i wsp. [6]. Udowodnili, że aplikacja PEF prowadzi do zwiększenia wydajności procesu tłoczenia soku jabłkowego oraz zmienia właściwości optyczne (absorbancję i transmitancję) produktów. Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego przed tłoczeniem soku z buraka cukrowego spowodowało wzrost wydajności soku o 18 - 28 %, tym większy im większe było ciśnienie procesu [9].

Interesującym przykładem jest zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego do produkcji wina. Na etapie maceracji oraz fermentacji związki fenolowe obecne w skórce i nasionach owoców winorośli są ekstrahowane do moszczu. Odgrywają one szczególną rolę w kształtowaniu właściwości sensorycznych, takich jak: barwa, cierpkość czy kwasowość wina. Związki fenolowe, z uwagi na wysoką zdolność przeciwutleniającą, odpowiedzialne są również za właściwości prozdrowotne wina. Pulsacyjne pole elektryczne, aplikowane przed etapem maceracji i fermentacji, zwiększa wydajność ekstrakcji tych związków, przez co umożliwia nie tylko jej skrócenie, ale także otrzymanie produktów o zwiększonej zawartości cennych żywieniowo składników [19]. Puertolas i wsp. [20] stwierdzili, że działanie PEF o natężeniu 2 oraz 5 kV/cm zwiększa stężenie antocyjanów w moszczu w porównaniu z próbkami niepotraktowanymi PEF i umożliwia również skrócenie etapu maceracji. Maksymalne stężenie antocyjanów w próbce kontrolnej wynosiło 1216 mg/dm^3 i zostało osiągnięte po 96 h maceracji. W próbce potraktowanej wstępnie PEF stężenie to osiągnięto po 50 h procesu.

Zamrażanie

Jakość żywności mrożonej w dużym stopniu zależy od czasu zamrażania, a więc od wielkości kryształów lodu oraz od ich położenia wewnątrz produktu. We wszystkich technikach zamrażania dąży się do tego, aby skracać czas wymrażania wody w żywości i zmniejszać rozmiary powstających kryształów lodu. Ben Ammar i wsp. [8] badali wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego na przebieg owiewowego zamrażania ziemniaka (-80 °C, 2 m/s). Efektem ich pracy było stwierdzenie, że próbka wstępnie potraktowana polem elektrycznym (0,4 kV/cm) charakteryzowała się krótszym

efektywnym czasem zamrażania niż próbka kontrolna. Również Jalte i wsp. [13] prowadzili badania nad wpływem PEF na zamrażanie ziemniaka owiewem powietrza (-35 °C, 2 m/s). Stwierdzili istotną zależność pomiędzy stopniem dezintegracji a efektywnym czasem zamrażania. Wzrostowi elektroporacji błony komórkowej towarzyszyło skrócenie czasu mrożenia, a przy maksymalnej dezintegracji komórek uzyskano ponad 40 % oszczędność czasu. Warto również zauważyć, że mikrofotografie SEM rozmrożonych ziemniaków udowodniły, że PEF powoduje istotne zmiany w strukturze (duże nieuporządkowanie, duże puste wewnątrzkomórkowe przestrzenie).

Wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego na przebieg suszenia i odwadniania osmotycznego

W wyniku usuwania wody otrzymuje się produkt mikrobiologicznie stabilny o możliwie długim okresie przydatności do spożycia. W ciągu ostatnich lat przedstawiono wiele nowych metod usprawniających, optymalizujących lub eliminujących niektóre wady suszenia. Wśród nich można wyróżnić różne zabiegi wstępne, np. odwadnianie osmotyczne, moczenie, zamrażanie czy powlekanie jadalnymi błonami. Jak wspomniano, można także zastosować jako operację wstępną przed suszeniem fale elektryczne o wysokiej amplitudzie napięcia. Jest to technika, która dzięki swoim zaletom, takim jak: możliwość aplikacji w procesach ciągłych, krótki czas obróbki elektrycznej i relatywnie niska energochłonność, zdaje się być bardzo dobrą alternatywą metod termicznych.

Lebovka i wsp. [15] badali wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego oraz zamrożenia próbki przed procesem na przebieg suszenia konwekcyjnego ziemniaka. Wykazali, że zarówno zamrożenie tkanki, jak i aplikacja PEF powodowała skrócenie czasu suszenia. Szybkość uzyskiwania równowagowej zawartości wody zwiększała się wraz ze stopniem dezintegracji komórek. Tłumaczyć to można uwolnieniem treści wewnątrzkomórkowej w wyniku indukowanej działaniem pola elektrycznego o wysokim napięciu perforacji plazmolemmy. Należy jednak zaznaczyć, że w tym przypadku aplikacja PEF nie zwiększyła szybkości suszenia bardziej niż zamrażanie. Można więc przypuszczać, że obydwa procesy spowodowały podobną dezintegrację komórek ziemniaka. Eksperyment wykazał również, że czas uzyskiwania temperatury medium suszącego (60 °C) w środku geometrycznym był krótszy o około 20 % w przypadku próbek, w których stosowano wstępną obróbkę polem elektrycznym o natężeniu $E = 0{,}4$ kV/cm w ciągu $t_{PEF} = 0{,}5$ s, w porównaniu z materiałem niepodanym działaniu PEF. Toepfl [26] otrzymał podobne wyniki. Wykazał, że czas suszenia ziemniaka wstępnie potraktowanego pulsacyjnym polem elektrycznym był krótszy o ok. 20 % niż w przypadku próbek odniesienia.

Gachovska i wsp. [12], badając wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego oraz blanszowania na suszenie konwekcyjne marchwi, stwierdzili, że obydwie metody ob-

róbki wstępnej wpływają na zwiększenie szybkości suszenia w porównaniu z próbkami niepoddanymi żadnej obróbce wstępnej. Bezwymiarowa zawartość wody po 8 h suszenia była statystycznie różna i wynosiła 0,32; 0,25; 0,22 i 0,18 odpowiednio w przypadku próbek surowych, blanszowanych, poddanych działaniu PEF o natężeniu E = 1 kV/cm i E = 1,5 kV/cm. Czas suszenia (do uzyskania stałej masy 4 g/kg) marchwi potraktowanej wstępnie PEF oraz blanszowanej był o 3 h krótszy od czasu suszenia próbek surowych.

Do podobnych wniosków doszli Amami i wsp. [4], którzy określali wpływ wstępnego odwadniania osmotycznego wspomaganego PEF (E = 0,6 kV/cm) na przebieg suszenia konwekcyjnego marchwi. Stwierdzili, że obróbka wstępna PEF skróciła czas suszenia (60 °C) do wilgotności 0,1 g/g s.s. o ok. 20 %. Warto podkreślić, że również odwadnianie osmotyczne wspomagane pulsacyjnym polem elektrycznym skracało czas suszenia do 70 min. Czas ekspozycji materiału na wysoką temperaturę, dzięki kombinowanej obróbce wstępnej, uległ skróceniu aż o 81 %, w porównaniu z materiałem niepoddanym żadnym zabiegom wstępnym.

Aplikacja pola elektrycznego o wysokiej amplitudzie napięcia, z uwagi na zwiększenie szybkości i skrócenie czasu suszenia, pozwala także na modyfikację współczynnika dyfuzji wody. W tab. 1. przedstawiono takie współczynniki podczas suszenia konwekcyjnego tkanek roślinnych poddanych wstępnemu dezintegrowaniu PEF i niepoddawanych żadnej obróbce. Zwiększone współczynniki dyfuzji wody w materiałach poddanych działaniu PEF umożliwiają zastosowanie mniejszej temperatury suszenia. Przykładowo, obróbka wstępna polem elektrycznym pozwala obniżyć temperaturę suszenia buraka ćwikłowego o 20 - 25 °C [23] i ziemniaka o 20 °C [15].

T a b e l a 1

Wartość współczynnika dyfuzji wody podczas suszenia różnych materiałów poddanych i niepoddanych działaniu PEF.
Value of water diffusion coefficient while drying various PEF-treated and untreated materials.

Materiał Material	$D \cdot 10^9$ [m^2/s]		Natężenie pola elektrycznego Electric field strength [kV/cm]	Źródło Source
	bez obróbki untreated	PEF		
Marchew Carrot	0,3 – 0,93	0,4 – 1,17	0,6	[4]
Papryka czerwona Red bell pepper	1,10	1,51 – 1,58	2	[1]
Burak ćwikłowy Red beet	3,0	4,0	0,4	[23]
Ziemniak / Potato	5,5	8,5	0,5	[15]

Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego, jako zabiegu wstępnego przed suszeniem, może powodować także modyfikację właściwości suszu. Shynkaryk i wsp. [23], badając wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego na przebieg rehydracji buraka ćwikłowego, stwierdzili, że w przypadku tkanki niepoddanej żadnej obróbce wstępnej następuje szybsze uwalnianie składników jonowych podczas rehydracji. Taką sytuację autorzy tłumaczą zmianami strukturalnymi tkanki poddanej działaniu prądu elektrycznego, czego konsekwencją jest większy skurcz suszarniczy, który ogranicza możliwość wymiany związków rozpuszczalnych w wodzie pomiędzy produktem a cieczą. Podobne zależności uzyskali Taiwo i wsp. [24], według których wzrost masy suszonych plastrów jabłek poddanych wstępnie działaniu PEF podczas ich uwadniania był mniejszy niż próbek kontrolnych, niezależnie od zastosowanej temperatury rehydracji.

Według innych badań, współczynnik rehydracji marchwi suszonej konwekcyjnie, wyrażony jako stosunek masy wody wchłoniętej przez produkt podczas rehydracji do masy wody usuniętej z produktu podczas suszenia, był praktycznie taki sam w przypadku próbek poddanych obróbce wstępnej polem elektrycznym oraz próbek kontrolnych i wynosił po 6 h procesu około 0,8 [12].

Podsumowanie

Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego do wspomagania procesów technologicznych wydaje się być techniką o dużym potencjale, stanowiącą bardzo dobrą alternatywę metod termicznych. Aplikacja PEF pozwala skrócić czas niektórych operacji, np. suszenia, więcej niż o 20 % oraz obniżyć temperaturę medium suszącego, co korzystnie wpływa na energochłonność procesu oraz jakość produktu. Mimo wielu zalet istnieją jednak pewne bariery (przekonanie konsumentów do nowej technologii, relatywnie wysokie koszty inwestycyjne czy dostępność przemysłowych systemów generujących pulsacyjne pole elektryczne) ograniczające wprowadzenie tej metody na skalę przemysłową. Niemniej jednak wiedza zawarta w dostępnej literaturze wskazuje na celowość prowadzenia badań nad zastosowaniem pulsacyjnego pola elektrycznego, jako zabiegu wstępnego przed różnymi procesami jednostkowymi stosowanymi w przetwórstwie żywności.

Literatura

[1] Ade-Omowaye B.I.O., Talens P., Angersbach A., Knorr D.: Kinetics of osmotic dehydration of red bell peppers as influenced by pulsed electric field pretreatment. Food Res. Int., 2003, **36**, 475-483.

[2] Ade-Omowaye B.I.O., Rastogi N.K., Angersbach A., Knorr D.: Combined effect of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper. J. Food Eng., 2003, **60**, 89-98.

[3] Aguilera J.M., Chiralt A., Fito P.: Food dehydration and product structure. Trends Food Sci. Technol., 2003, **14(10)**, 432-437.

[4] Amami E., Khezami L., Vorobiev E., Kechaou N.: Effect of pulsed electric field and osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of carrot tissue. Drying Technol., 2008, **26**, 231-238.
[5] Angersbach A., Heinz V., Knorr D.: Effect of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems. Innovative Food Scie. Emerg. Technol., 2000, **1**, 135-149.
[6] Bazhal M.I., Lebovka N.I., Vorobiev E.: Pulsed electric field treatment of apple tissue during compression for juice extraction. J. Food Eng., 2001, **50**, 129-139.
[7] Bazhal M., Lebovka N., Vorobiev E.: Optimisation of pulsed electric field strength for electroplasmolysis of vegetable tissues. Biosystems Eng., 2003, **86**, 339-345.
[8] Ben Ammar J., Lanoisellé J-L., Lebovka N., Vorobiev E.: Effect of a Pulsed Electric Field and Osmotic Treatment on freezing of potato tissue. Food Biophys., 2010, **5**, 247-254.
[9] Bouzrara H., Vorobiev E.: Beet juice extraction by pressing and pulsed electric field. Int. Sugar J., 2000, **102 (1216)**, 194-200.
[10] Clark J.P.: Pulsed electric field processing. Food Technol., 2006, **1 (60)**, 66-67
[11] Fellows P.J.: Food Processing Technology – Principles and Practice. Woodhead Publishing Ltd., Abington 2000.
[12] Gachovska T.K., Simpson M.V., Ngadi M.O., Raghavan G.S.V. Pulsed electric field treatment of carrots before drying and rehydration. J. Sci. Food Agric., 2009, **89 (14)**, 2372-2376.
[13] Jalté M., Lanoisellé J-L., Lebovka N., Vorobiev E.: Freezing of potato tissue pre-treated by pulsed electric fields. LWT Food Sci. Technol., 2009, **42**, 576-580.
[14] Knorr D., Angersbach A.: Impact of high intensity electric field pulses on plant membrane permeabilisation. Trends Food Sci. Technol., 1998, **9**, 185-191.
[15] Lebovka N.I., Shynkaryk N.V., Vorobiev E.: Pulsed electric field enhanced drying of potato tissue. J. Food Eng., 2007, **78**, 606-613.
[16] Ngadi M.O., Bazhal M.I., Raghaven G.S.V.: Engineering aspects of pulsed electroplasmolysys of vegetable tissues. Agricultural Engineering International: the CIGR J. Scient. Res. Devel., 2003, **5**, 1-10.
[17] Ohshima T., Tamura T., Sato M.: Influence of pulsed electric field on various enzyme activities. J. Electrostat., 2007, **65**, 156-161.
[18] Praporscic I., Shynkaryk M.V., Lebovka N., I., Vorobiev E.: Analysis of juice colour and dry matter content during pulsed electric field enhanced expression of soft plant tissues. J. Food Eng., 2007, **79**, 662-670.
[19] Puertolas E., Lopez N., Condon S., Alvarez I., Raso J.: Potential of PEF to improve red wine quality. Trends Food Sci. Technol., 2010, **21**, 247-255.
[20] Puertolas E., Lopez N., Saldana G., Alvarez I., Raso J.: Evaluation of phenolic extraction during fermentation of red grapes treated by a continuous pulsed electric fields process at pilot-plant scale. J. Food Eng., 2010, **98**, 120-125.
[21] Rastogi N.K., Eshtiaghi M.N., Knorr D.: Accelerated mass transfer during osmotic dehydration of high intensity electrical field pulse pretreated carrots. J. Food Sci., 1999, **64**, 1020-1023.
[22] Shin J.K., Lee S.J., Cho H.Y., Pyun Y.R., Lee J.H., Chung M.S.: Germination and subsequent inactivation of bacillus subtilis spores by pulsed electric field treatment. J. Food Process. Preserv., 2010, **43**, 43-54.
[23] Shynkaryk M.V., Lebovka N.I., Vorobiev E.: Pulsed electric field and temperature effects on drying and rehydration of red beetroots. Drying Technol., 2008, **26**, 696-704.
[24] Taiwo K.A., Angersbach A., Ade-Omonowaya B.I.O, Knorr D.: Effects of pretreatments on the diffusion kinetics and some quality parameters of osmotically dehydrated apple slices. J. Agric. Food. Chem., 2001, **49**, 2804-2811.

[25] Tedjo W.: Untersuchungen zum einsatz von nichtthermischen zellmembranpermeabilisierungsmethoden beeinflussung des massentransport pflanzlichen lebensmitteln. Praca doktorska, Technischen Universität, Berlin 2003.
[26] Toepfl S.: Pulsed Electric Fields (PEF) for Permeabilization of cell membranes in food- and bioprocessing – applications, process and equipment design and cost analysis. Praca doktorska. Technischen Universität, Berlin 2006.
[27] Toepfl S., Volker H., Knorr D.: Application of pulsed electric fields in liquid processing. Proc. Conf.: Processing Developments for Liquids, EFFoST, Kolonia 2006.
[28] Zhao W., Yang R., Xiao H., Zhang W., Tang Y., Chen T.: Inactivation of polyphenoloxidase of pear by Pulsed Electric Fields. Int. J. Food Eng., 2010, **6 (3)**, 1-15.
[29] Zimmerman U.: Electric breakdown, electropermeabiliziation and electrofision. Rev. Physiol., Biochem. Pharmacol., 1986, **105**, 196-256.

APPLYING PULSED ELECTRIC FIELD TO ENHANCE PLANT TISSUE DEHYDRATION PROCESS

S u m m a r y

Drying is classified as one of the most commonly used unit operations in food technology. Its main purpose is to preserve food, and this is connected with reducing the growth of micro-organisms and with inhibiting enzymatic and non-enzymatic reactions. That process is limited mainly by internal resistances to water movement that are a consequence of the cellular structure of material being dried. The increasing requirements of both the consumers demanding high quality products and the manufacturers, who look for cost-effective solutions, are the reasons why alternative methods are sought to replace thermal methods of food pre-treatment prior to the drying process. One of the most promising pre-treatment techniques is the application of high voltage electric pulses, known as pulse electric fields (PEF). A high voltage, varying electric field applied as a pre-treatment prior to the main treatment process was found to have a particularly significant effect in the case of operations determined by mass-transfer resistance inside the material, for instance, during extraction, pressing, and, especially, during osmotic dehydration and drying.

Key words: pulsed electric field, PEF, drying, osmotic dehydration, pre-treatment

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 33 – 44

IZABELA PRZETACZEK-ROŻNOWSKA, JACEK ROŻNOWSKI,
TERESA FORTUNA, KAMILA SZUBELAK-IŻYK

WPŁYW JONÓW MIEDZI NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE SKROBI RÓŻNEGO POCHODZENIA BOTANICZNEGO

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

Celem pracy była ocena wpływu wysycania skrobi różnego pochodzenia jonami miedzi na wybrane właściwości fizykochemiczne otrzymanych preparatów skrobiowych.

Materiał badawczy stanowiły: skrobia ziemniaczana, pszenna oraz kukurydziana, które poddano modyfikacji przez wbudowanie jonów miedzi metodą przemywania skrobi roztworami siarczanu(VI) miedzi(II) o trzech różnych stężeniach. W skrobiach naturalnych oraz modyfikowanych chemicznie oznaczono ilość wbudowanych jonów miedzi oraz zawartość sodu, potasu, wapnia oraz magnezu metodą ASA. Ponadto oznaczono zawartość: suchej masy, amylozy, białka, tłuszczu, fosforu, a także przeprowadzono analizę zdolności wiązania wody i rozpuszczalności w temperaturze: 40, 60 i 70 °C.

Przeprowadzona analiza dowiodła obecności jonów miedzi w badanych preparatach skrobi modyfikowanych i wypłukania z nich jonów sodu, potasu, wapnia i magnezu. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że modyfikacja chemiczna skrobi metodą wysycania miedzią nie wpłynęła na zawartość amylozy i białka w preparatach, ale istotnie zmniejszyła zawartość tłuszczu. Stwierdzono również wpływ wzbogacania skrobi w jony miedzi na zdolność wiązania wody i rozpuszczalność w wodzie. Zmiany te zależały zarówno od stężenia roztworu użytego podczas modyfikacji, jak również od pochodzenia botanicznego skrobi.

Słowa kluczowe: skrobia modyfikowana, jony miedzi, właściwości fizykochemiczne skrobi

Wprowadzenie

Skrobia jest naturalnym biopolimerem, występującym w przyrodzie w wielu roślinach. Polimer ten podatny jest na modyfikacje czynnikami fizycznymi i chemicznymi, dlatego też skrobia jest surowcem o różnorodnym zastosowaniu w wielu gałęziach przemysłu, zwłaszcza w przemyśle spożywczym. Wykorzystuje się jej naturalne

Dr inż. I. Przetaczek-Rożnowska, dr J. Rożnowski, prof. dr hab. T. Fortuna, mgr inż. K. Szubelak-Iżyk, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

właściwości tworzenia żeli i zagęszczania. Używa się jej głównie w postaci przetworzonej, ale jest także stosowana w postaci naturalnej. Skrobia nadaje produktom odpowiednią teksturę, wygląd, konsystencję oraz trwałość podczas przechowywania [17].

Technolodzy poszukują nowych zastosowań skrobi w produkcji żywności. Prowadzone są badania mające na celu lepsze poznanie właściwości fizykochemicznych i reologicznych skrobi naturalnej oraz jej modyfikatów.

Pojawianie się na rynku nowych produktów spożywczych wysoko przetworzonych może być przyczyną mniejszego spożycia niektórych witamin i składników mineralnych, dlatego podejmowane są próby wzbogacania skrobi mikroelementami. Skrobia jest dobrym nośnikiem, czyli substancją łatwo dostępną, wykorzystywaną w wytwarzaniu wielu produktów spożywczych, niezmieniającą ich jakości i smaku [15].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu stężenia roztworów siarczanu(VI) miedzi(II) na stopień wzbogacania skrobi różnego pochodzenia w miedź oraz analiza wpływu wbudowanych jonów miedzi na wybrane właściwości fizykochemiczne skrobi.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły skrobie: ziemniaczana (PEPEES S.A., Łomża), kukurydziana (Cargill, Kąty Wrocławskie) oraz pszenna (Krüner Stärke, Ibbenbüren). Skrobie wyjściowe poddano modyfikacji przez wbudowanie jonów miedzi metodą przemywania skrobi roztworami $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ o trzech stężeniach: 2,3 g, 9,2 g lub 36,6 g jonów miedzi w 1000 ml roztworu. Wysycanie skrobi jonami miedzi rozpoczynano od nawodnienia 100 g skrobi, używając do tego celu 250 cm^3 wody dejonizowanej i mieszając tak przygotowaną zawiesinę przez 5 min. Następnie zawiesinę przenoszono ilościowo na lejek Shotta G3 i odsączano nadmiar wody przy obniżonym ciśnieniu, wykorzystując w tym celu pompę próżniową, po czym odłączano pompę i dodawano 200 cm^3 roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) i ponownie mieszano mieszadłem elektrycznym przy prędkości 330 obr./min przez 5 min. Po upływie tego czasu odsączano nadmiar roztworu. Proces ten powtarzano jeszcze dwukrotnie. Po zakończeniu modyfikacji próbkę przepłukiwano wodą dejonizowaną aż do zaniku jonów siarczanowych. Uzyskaną skrobię suszono na bibule, na wolnym powietrzu, do wilgotności ok. 10 % i mielono w młynku Retsch RM200. Po zmieleniu preparatów przesiewano je przez sita Retsch AS200 o średnicy 250 μm (preparaty skrobi ziemniaczanej) lub 125 μm (preparaty skrobi kukurydzianej i pszennej). Proces przemywania, suszenia i rozdrabniania skrobi prowadzono kilkakrotnie do uzyskania ok. 1 kg każdej ze zmodyfikowanych skrobi. Uzyskane porcje poszczególnych rodzajów skrobi mieszano w celu uzyskania uśrednionych preparatów skrobiowych, które stanowiły materiał do dalszych badań.

Wszystkie próbki skrobi wyjściowych oraz wysycanych jonami miedzi poddawano analizie na zawartość wybranych mikro- i makroelementów przy zastosowaniu atomowej spektrometrii absorpcyjnej ASA. Ponadto oznaczano w nich zawartość: suchej masy [13], amylozy [7], białka [10], tłuszczu [12], fosforu [11], a także przeprowadzono oznaczenia zdolności wiązania wody i rozpuszczalności w wodzie [14] w temp.: 40, 60 i 70 °C. Wszystkie przeprowadzone oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach (n = 3).

Oznaczenia składników mineralnych wykonywano aparatem ASA firmy GBC, typ Avanta Sigma, przy długości fali λ odpowiednio: Cu – 324,7 nm, Na – 589 nm, Mg – 422,7 nm, Ca – 285, 2 nm oraz K – 769 nm.

Do mineralizacji próbek podczas oznaczania zawartości białka używano pieca do mineralizacji firmy Büchi, model Unit Digestion B-426, a destylację prowadzono w aparacie destylacyjnym Destilation Unit B-324 tej samej firmy. Zawartość białka obliczano mnożąc ilość oznaczonego azotu zawartego w próbkach przez równoważnik białkowy wynoszący 6,25.

Podczas analizy zawartości tłuszczu przeprowadzano hydrolizę próbek skrobi 2M HCl pod chłodnicami zwrotnymi, a następnie prowadzono ekstrakcję w aparacie firmy Büchi, Extraction System, typ B-811, stosując eter naftowy jako rozpuszczalnik.

W trakcie oznaczeń zawartości fosforu oraz zawartości amylozy używano spektrofotometru UV/VIS firmy Jasco, typ V-530.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji przy wykorzystaniu programu Statistica 9.0 (ANOVA, test HSD Tukey'a, p = 0,05).

Wyniki i dyskusja

Skrobia coraz częściej wykorzystywana jest w przemyśle jako nośnik składników mineralnych [15]. Przeprowadzona analiza atomowej spektrometrii absorbcyjnej potwierdziła brak miedzi w skrobiach naturalnych i dowiodła efektywności procesu modyfikacji, gdyż we wszystkich skrobiach modyfikowanych oznaczono istotną zawartość jonów tego składnika mineralnego (tab. 1). Najwięcej miedzi zostało wprowadzone do skrobi ziemniaczanej. Prawdopodobnie przyczyniła się do tego największa zawartość fosforanów w tej skrobi (tab. 2), które przypuszczalnie związały znaczącą ilość jonów miedzi. Dowodzi to, że na proces adsorpcji miedzi wpływają nie tylko grupy karboksylowe [15], ale także ilość fosforanów w skrobi. Hipotezę tę potwierdza mniejsza efektywność adsorpcji miedzi przez skrobię pszenną, a tym bardziej kukurydzianą, które charakteryzowała istotnie mniejsza zawartość fosforu (tab. 2 i 3).

Stwierdzono, że tylko w przypadku modyfikacji skrobi pszennej istotne było stężenie użytych roztworów siarczanu(VI) miedzi(II). Ilość wbudowanej miedzi w przypadku tego polimeru była tym większa, im wyższe było stężenie użytego roztworu

siarczanu(VI) miedzi(II) (tab. 1). W przypadku skrobi kukurydzianej nie zaobserwowano wpływu stężenia soli miedzi na efektywność wbudowania jonów Cu^{2+}, a modyfikacja skrobi ziemniaczanej roztworem o najwyższym stężeniu jonów miedzi spowodowała, że ten składnik mineralny uległ adsorpcji w mniejszym stopniu niż przy użyciu roztworów o niższych koncentracjach soli (tab. 1).

T a b e l a 1

Zawartość jonów miedzi w skrobiach naturalnych i wysycanych miedzią [mg/100 g s.m.].
Content of copper ions in native starches saturated with copper [mg/ 100 g d.m.].

Próbki Samples	Skrobia / Starch of		
	ziemniaczana potato	pszenna wheat	kukurydziana corn
ns	Nd	nd	nd
L	86,81 a	8,73	11,31 b,c
M	88,46 a	10,56 b	11,75 b,c
H	81,66	12,40 c	13,05 c

Objaśnienia: / Explanatory notes:
Małymi literami a, b, … oznaczono wartości nie różniące się statystycznie istotnie na poziomie p = 0,05; n = 3 / Values denoted by the small a, b, and c letters do not statistically significantly differ at p = 0.05; n = 3; ns – skrobia naturalna / native starch; L – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o najniższym stężeniu 2,3 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of the lowest concentration rate (2.3 g/1000 ml); M – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o średnim stężeniu 9,2 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of medium concentration rate (9.2 g/1000 ml); H – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o najwyższym stężeniu 36,6 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of the highest concentration rate (36.6 g/1000 ml); nd – poniżej granicy wykrywalności / not detectable (below the detectable limit).

Równie istotnych obserwacji dokonano, analizując zawartość wybranych składników mineralnych w badanych skrobiach. Przeprowadzone analizy dowiodły, że podczas wbudowywania miedzi do skrobi jony: sodu, potasu, wapnia i magnezu naturalnie występujące w badanych skrobiach (tab. 3) zostały wypłukane. Sugeruje to istotne zubożenie skrobi o te składniki mineralne, podczas wzbogacania skrobi w jony miedzi.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wysycanie skrobi jonami miedzi wpłynęło na zawartość suchej masy w preparatach w odmienny sposób w zależności od pochodzenia botanicznego skrobi (rys. 1). Modyfikacja skrobi ziemniaczanej nie miała wpływu na zawartość suchej masy w preparatach ziemniaczanych wzbogacanych jonami miedzi, niezależnie od stężenia roztworu siarczanu miedzi użytego podczas wysycania polimeru. Również nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic pod względem zawartości suchej masy miedzianych preparatów kukurydzia-

nych i skrobi naturalnej. Świadczy to, że modyfikacja obu tych rodzajów skrobi poprzez przemywanie wodnymi roztworami nie wpłynęła na zawartość wody w tak modyfikowanych preparatach skrobiowych. Odmiennych obserwacji dokonano w przypadku skrobi pszennej, która to po wysycaniu jonami miedzi charakteryzowała się istotnie mniejszą zawartością suchej masy (rys. 1).

T a b e l a 2

Zawartość fosforu w skrobiach naturalnych i wysycanych miedzią [mg/100 g s.m.].
Content of phosphorus ions of native starches saturated with copper [mg/100 g d.m.].

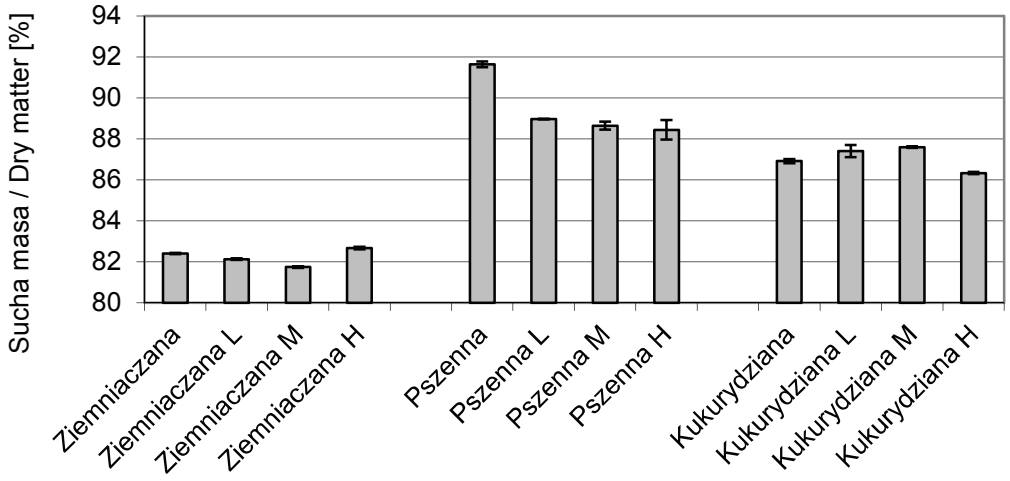
Próbki Samples	Skrobia / Starch of		
	ziemniaczana potato	pszenna wheat	kukurydziana corn
ns	45,00 a	30,27 b	13,49 c
L	52,51 a	32,55 b	18,34 c
M	46,07 a	32,06 b	19,67 c
H	48,48 a	36,99 b	15,53 c

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

T a b e l a 3

Zawartość wybranych składników mineralnych w skrobiach naturalnych [mg/100 g s.m.].
Content of selected mineral components in native starches [mg/100 g dry matter].

Składniki mineralne Mineral components	Skrobia / Starch of		
	Ziemniaczana Potato	Pszenna Wheat	Kukurydziana Corn
Na^+	1,8733	3,3867	2,5433
K^+	21,1100	17,7467	3,2067
Ca^{2+}	33,5534	8,8900	6,8933
Mg^{2+}	9,5000	3,4333	2,2767



Objaśnienia: / Explanatory notes:
L – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o najniższym stężeniu 2,3 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of the lowest concentration rate (2.3 g/1000 ml); M – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o średnim stężeniu 9,2 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of the medium concentration rate (9.2 g/1000 ml);
H – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o najwyższym (ang. high) stężeniu 36,6 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of the highest concentration rate (36.6 g/1000 ml).

Rys. 1. Zawartość suchej masy [%] skrobi naturalnych oraz wysycanych jonami miedzi.
Fig. 1. Content of dry matter [%] in native starches saturated with copper ions.

Przeprowadzone oznaczenia dowodzą, że pochodzenie botaniczne skrobi, a w związku z tym struktura ziaren skrobiowych wpływa na stopień uwodnienia skrobi, jednak wszystkie z badanych preparatów skrobiowych wykazały zawartość suchej masy powyżej 80 %, co jest akceptowaną zawartością suchej masy [6].

Skrobia zbudowana jest z reszt glukozowych, połączonych ze sobą wiązaniami α-1,4-glikozydowymi w proste łańcuchy, stanowiące frakcję amylozy oraz wiązaniami α-1,6-glikozydowymi występującymi w miejscach rozgałęzień łańcuchów we frakcji amylopektynowej. Zgodnie z danymi literaturowymi zawartość amylozy w skrobi zbożowej mieści się w granicach od 20 do 27 %, a w skrobiach niezbożowych sięga nawet 30 % [2]. W badaniach własnych wykazano, że skrobia ziemniaczana charakteryzowała się zawartością amylozy wynoszącą 29,6 % (tab. 4). Jest to jednak wynik wyższy od tych, które niezależnie uzyskali Lewandowicz i Mączyński [5], Lewandowicz i Walkowski [6, 16], Orłowska [8] oraz Pałasiński [9]. Z kolei zawartość amylozy w badanych skrobiach zbożowych wynosiła ok. 21 % (tab. 4) i była zgodna z danymi literaturowymi [2].

T a b e l a 4

Zawartość amylozy w skrobiach naturalnych i wysycanych miedzią [%].
Content of amylose in native starches saturated with copper [%].

Próbki Samples	Skrobia / Starch of		
	ziemniaczana potato	pszenna wheat	kukurydziana corn
ns	29,59 a	21,31 b	21,79 c
L	30,37 a	22,69 b	22,06 c
M	28,92 a	21,81 b	20,96 c
H	29,77 a	21,62 b	20,96 c

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

T a b e l a 5

Zawartość białka w skrobiach naturalnych i wysycanych miedzią [%].
Content of protein in native starches saturated with copper [%].

Próbki Samples	Skrobia/ Starch of		
	ziemniaczana potato	pszenna wheat	kukurydziana corn
ns	0,08 a	0,28 b,e	0,21 c,d
L	0,12 a	0,23 b,d	0,22 c,d
M	0,09 a	0,25 b,d	0,20 c,d
H	0,11 a	0,28 b,e	0,25 c,d,e

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

Proces modyfikacji skrobi, niezależnie od jej pochodzenia botanicznego, nie wpłynął na zmianę zawartości amylozy w skrobiach. Również wysycanie polimeru jonami miedzi nie spowodowało istotnych różnic pod względem zawartości białka w badanych skrobiach (tab. 5).

Wśród wyjściowych skrobi największą zawartością białka charakteryzowała się skrobia pszenna, nieco mniejszą kukurydziana, a najmniejszą skrobia ziemniaczana. Powyższe wyniki potwierdzają dane uzyskane przez Fortunę i Juszczaka [1].

Wśród nieodłącznych substancji nieskrobiowych w skrobi obok białka znaczącą ilość stanowi tłuszcz, który w największych ilościach występuje w skrobiach zbożowych [3], co potwierdzają badania autorów (tab. 6). Jednak uzyskane wyniki były mniejsze od danych publikowanych przez Walkowskiego i Lewandowicz [16], a także

Fortunę i Juszczaka [1]. Rozbieżności wyników mogą wynikać z różnic odmianowych roślin, z których zostały wyosobnione skrobie.

Analiza wyników zawartości tłuszczu pozwala stwierdzić wpływ modyfikacji na zawartość lipidów w badanych skrobiach. Zmiany te zależały od pochodzenia botanicznego polimeru. Proces wysycania skrobi miedzią wpłynął na istotne zmniejszenie zawartości tłuszczu w preparatach skrobi ziemniaczanej i pszennej (tab. 6). Prawdopodobnie proces nawodnienia skrobi oraz przemywania jej wodnymi roztworami siarczanu(VI) miedzi(II) przyczyniły się do wypłukania lipidów ze skrobi. Jednak w przypadku skrobi kukurydzianej, która charakteryzowała się największą zawartością lipidów w skrobi wyjściowej, modyfikacja tylko przy wykorzystaniu roztworu o najwyższym stężeniu jonów miedzi spowodowała istotne zmniejszenie zawartości tłuszczu w skrobi (tab. 6).

T a b e l a 6

Zawartość tłuszczu skrobiach naturalnych i wysycanych miedzią [%].
Content of fat in native starches saturated with copper [%].

Próbki Samples	Skrobia / Starch		
	ziemniaczana potato	pszenna wheat	kukurydziana corn
ns	0,12	0,31 d	0,47 c
L	0,04 a	0,23 b	0,44 c
M	0,04 a	0,26 b	0,42 c
H	0,06 a	0,24 b	0,34 d

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

Skrobia ziemniaczana oraz jej preparaty miedziowe charakteryzowały się większą wodochłonnością w temp. 40 °C w porównaniu ze skrobiami zbożowymi i ich preparatami (tab. 7). Potwierdza to dane opublikowane przez Leszczyńskiego [3, 4] oraz Fortunę i Juszczaka [1]. Jednak oznaczenia zdolności wiązania wody w wyższej temperaturze nie potwierdziły tej zależności (tab. 7).

Obecność jonów miedziowych w preparatach skrobi wpłynęła na zdolność wiązania wody takich preparatów w porównaniu ze skrobiami wyjściowymi. Skrobie ziemniaczane z wbudowaną miedzią charakteryzowały się większą wodochłonnością w porównaniu ze skrobią naturalną zarówno w temp. 40 °C, jaki i 60 °C. W temp. 70 °C nie dokonano pomiaru, gdyż skrobia ziemniaczana i jej preparaty skleikowały. Z kolei wzbogacanie skrobi zbożowych w jony miedzi nie przyczyniło się do jednoznacznych zmian zdolności wiązania wody w ich preparatach. W przypadku skrobi pszennej tylko przemywanie jej roztworami o średnim i najwyższym stężeniu soli mie-

dzi spowodowało istotny wzrost wodochłonności w temp. 40 i 60 °C (tab. 7). Natomiast skrobia kukurydziana wzbogacona w miedź tylko w temp. 60 °C wykazała istotny wpływ modyfikacji na zdolność wiązania wody (tab. 7).

T a b e l a 7

Zdolność wiązania wody skrobi naturalnych i wysycanych miedzią w temp. 40, 60 i 70 °C
Water binding capacity of native starches saturated with copper at 40, 60 and 70 °C

Próbki Samples	Skrobia/ Starch of		
	ziemniaczana / potato	pszenna / wheat	kukurydziana / corn
Zdolność wiązania wody w temp. 40 °C [g/g s.m.] Water binding capacity at 40 °C [g/g d.m.]			
ns	0,94 a	0,85 a	0,82 a
L	1,48 b,c	1,09 a,b	1,05 a
M	1,36 b	1,12 b	1,00 a
H	1,69 c	1,13 b	0,90 a
Zdolność wiązania wody w temp. 60 °C [g/ g s.m.] Water binding capacity at 60 °C [g/g d.m.]			
ns	1,35 b	4,22 c	0,95 a
L	3,07 d	4,40 c	1,52 b
M	2,93 d	4,46 c	1,78 c
H	3,55 e	4,38 c	1,19 a
Zdolność wiązania wody w temp. 70 °C [g/ g s.m.] Water binding capacity at temp. of 70 °C [g/g d.m.]			
ns	-	5,23 d	4,86 d
L	-	5,48 d,e	5,16 d
M	-	5,50 e	4,97 d
H	-	6,40 f	4,49 e

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Małymi literami a-f oznaczono wartości w kolumnach nie różniące się istotnie statystycznie na poziomie $\alpha = 0{,}05$; $n = 3$ / Values denoted by the same letters a-f in columns do not significantly differ statistically at $\alpha = 0.05$; $n = 3$; ns – skrobia naturalna/ native starch; L – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o najniższym stężeniu 2,3 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of the lowest concentration rate (2.3 g/1000 ml); M – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o średnim stężeniu 9,2 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of middle concentration rate (9.2 g/1000 ml); H – skrobia przemywana roztworem siarczanu(VI) miedzi(II) o najwyższym (ang. high) stężeniu 36,6 g/1000 ml / starch bathed in copper(II) sulfate (VI) solution of the highest concentration rate (36.6 g/1000 ml).

Wysycanie skrobi miedzią przyczyniło się do zmiany rozpuszczalności badanych preparatów. Skrobia ziemniaczana wzbogacona jonami miedzi charakteryzowała się istotnie wyższą rozpuszczalnością w temp. 40 °C i znacząco niższą w temp. 60 °C w porównaniu ze skrobą naturalną (tab. 8). Z kolei modyfikacja skrobi pszennej jedynie przy wykorzystaniu roztworu soli miedzi o najwyższym stężeniu spowodowała zmianę rozpuszczalności w temp. 40 i 70 °C. Natomiast przemywanie skrobi kukurydzianej roztworami siarczanu(VI) miedzi(II) przyczyniło się do obniżenie rozpuszczalności tak przygotowanych preparatów w temp. 40 ° i 60 °C w porównaniu ze skrobią kukurydzianą wyjściową i podwyższenia wartości tego parametru w temp. pomiaru 70 °C (tab. 8).

T a b e l a 8

Rozpuszczalność w wodzie skrobi naturalnych i wysycanych miedzią w temp. 40, 60 i 70 °C
Solubility in water of native starches saturated with copper at 40, 60, and 70 °C

Próbki Samples	Skrobia/ Starch of		
	ziemniaczana potato	pszenna wheat	kukurydziana corn
Rozpuszczalność w wodzie w temp. 40 °C[%]/ Solubility in water at 40 °C [%]			
ns	0,94 a	0,85 a	0,82 a
L	1,48 b	1,09 a	0,16 b
M	1,36 b	1,12 a	0,22 b
H	1,54 b	0,33 b	0,09 b
Rozpuszczalność w wodzie w temp. 60 °C[%]/ Solubility in water at. 60 °C [%]			
ns	4,25 c	1,79 c	3,31 c
L	1,66 b	1,65 c	0,19 b
M	2,10 d	2,26 c	0,32 b
H	4,05 c	1,93 c	0,40 b
Rozpuszczalność w wodzie w temp. 70 °C[%]/ Solubility in water at. 70 °C [%]			
ns	-	4,73 d	3,66 d
L	-	4,84 d	4,01 e
M	-	4,78 d	6,43 f
H	-	7,33 e	6,24 f

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

Wnioski

1. Skrobie naturalne efektywnie adsorbują jony miedzi i mogą być stosowane jako nośniki tego składnika mineralnego. Jednak wysycanie polimeru metodą przemywania wodnymi roztworami siarczanu(VI) miedzi(II) eliminuje ze skrobi naturalnie występujące składniki mineralne.
2. Chemiczna modyfikacja skrobi, niezależnie od stężenia roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) nie spowodowała istotnych różnic zawartości amylozy, białka i fosforu, przy równoczesnym zmniejszeniu zawartości tłuszczu.
3. Wysycanie skrobi jonami miedzi przy wykorzystaniu roztworu o średnim i wysokim stężeniu jonów nadaje otrzymanym preparatom większą wodochłonność. Nie zaobserwowano jednak stałej zależności pomiędzy stężeniem użytych roztworów do modyfikacji a rozpuszczalnością w wodzie otrzymanych preparatów skrobiowych.

Praca finansowana ze środków grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr NN 312 43 80 37. Część przedstawionych badań była prezentowana podczas XL Sesji Komitetu Nauk o Żywności PAN, w Warszawie, w dniach 29.06. - 01.07. 2011 roku.

Literatura

[1] Fortuna T., Juszczak L.: Wybrane właściwości skrobi różnego pochodzenia. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 2000, **367**, 39-50.
[2] Leszczyński W.: Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym. Cz. I. Przegl. Piek. Cukier. 2006, **5**, 54-56.
[3] Leszczyński W.: Zróżnicowane właściwości skrobi. Przem. Spoż., 2001, **3 (55)**, 38-39.
[4] Leszczyński W.: Zmiany właściwości skrobi wywołane działaniem czynników fizycznych. Mat. IV Szkoły Skrobiowej, Zawoja 1992, ss. 63-74.
[5] Lewandowicz G., Mączyńska M.: Chemiczna modyfikacja skrobi. Cz. II. Reaktywność skrobi różnych gatunków roślin. Chemik, 1999, **3**, 69-71.
[6] Lewandowicz G., Walkowski A.: Aspekty żywieniowe i toksykologiczne stosowania skrobi modyfikowanych. Przem. Spoż., 1994, **11**, 365-376.
[7] Morrison W.R., Laignelet B.: An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. J. Cereal. Sci, 1983, **1**, 9-20.
[8] Orłowska M.: Budowa i właściwości skrobi w świetle najnowszych badań. Cz. II. Przegl. Piek. i Cukier. 2008, **4**, 18-22.
[9] Pałasiński M.: Właściwości skrobi różnego pochodzenia. Post. Nauk Rol. 1994, **41**, 47-59.
[10] PN-EN ISO 3188:2000. Skrobia i produkty pochodne. Oznaczanie zawartości azotu metodą Kjeldahla. Metoda miareczkowa.
[11] PN-EN ISO 3946:2000. Oznaczenie całkowitej zawartości fosforu. Metoda spektrofotometryczna.
[12] PN-ISO-3947:2001. Skrobie naturalne i zmodyfikowane. Oznaczanie całkowitej zawartości tłuszczu.
[13] PN-78/A-74701. Hydrolizaty skrobiowe (krochmalowe). Metody badań.

[14] Richter M., Augustat S., Schierbaum F.: Ausgewählte Methoden der Stärkechemie Leipzig. VEB Fachbuchverleg, **40**, 110-112.
[15] Śmigielska H., Lewandowicz G.: Właściwości funkcjonalne skrobi modyfikowanych wzbogaconych jonami miedzi. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **6 (55)**, 198-209.
[16] Walkowski A., Lewandowicz G.: Skrobie modyfikowane, właściwości technologiczne i zakres stosowania. Przem. Spoż., 2004, **5**, 49-51.
[17] Tegge G.: Skrobia i jej pochodne. Wyd. Oddz. Małopolski PTTŻ, Kraków 2010.

EFFECT OF COPPER IONS ON SELECTED PROPERTIES OF STARCH OF DIFFERENT BOTANICAL ORIGIN

S u m m a r y

The objective of the study was to assess the impact of copper ions-saturated starch of different origin on physical and chemical properties of the starch preparations produced.

The investigation material included starches of potato, corn, and wheat. The starches analyzed were modified through incorporating copper ions; the method applied consisted in bathing the starches in copper (II) sulfate (VI) solutions of three different concentration rates. In the native and chemically modified starches determined were the contents of copper ions incorporated, as well as of sodium, potassium, calcium, and magnesium. The determination method applied was an ASA method. Moreover, the contents of dry matter, amylose, protein, fat, and phosphorus were determined. The water-binding capacity of the starches and their water solubility at temperatures of 40 °C, 60 °C and 70 °C were analyzed, too.

The analysis performed proved the presence of copper ions in the modified starch preparations analyzed; it also confirmed that the ions of sodium, potassium, calcium, and magnesium were washed away from the starches. Based on the results obtained, it was found that the chemical modification of starches using the saturation with copper ions did not change the content of amylose and protein in the preparations; however, it significantly decreased the content of fat. Additionally, it was found that enriching the starches with copper ions impacted its water-binding capacity and its water solubility. Those changes depended on both the concentration rate of the solution used during the modification and the botanical origin of starch.

Key words: modified starch, copper ions, physical-chemical properties of starch

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 45 – 55

WIOLETTA BIEL, ROBERT MACIOROWSKI

OCENA WARTOŚCI ODŻYWCZEJ ZIARNA WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY

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

Materiał badawczy stanowiło ziarno 6 odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) ze zbioru w latach 2007 i 2008 (jare: Torka, Korynta, Cytra, Zadra oraz ozime: Fregata, Markiza). Oceną objęto zawartość: suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu surowego, włókna, węglowodanów ogółem, frakcji włókna (NDF, ADF, ADL, HEM, CEL), aminokwasów oraz wskaźniki wartości odżywczej białka (CS, EAAI, PER). Największą zawartością białka charakteryzowała się odmiana Korynta (176 g/kg SM), a najmniejszą odmiana Markiza (151 g/kg s.m.). Ziarno odmian jarych zawierało mniej włókna surowego niż odmian ozimych. Największą zawartością ligniny charakteryzowało się ziarno odmian ozimych – Fregata i Markiza. Stwierdzono dużą zawartość aminokwasów egzogennych w ziarnie odmiany Markiza, co znalazło odzwierciedlenie w wartości odżywczej obliczonej na podstawie wskaźników CS, EAAI, przewidywanej wartości PER. Pierwszym aminokwasem ograniczającym jakość białka (CS_{MH},CS_{WE}) we wszystkich badanych próbach okazała się lizyna.

Słowa kluczowe: pszenica, skład chemiczny, frakcje włókna, aminokwasy, jakość białka

Wprowadzenie

Zadaniem współczesnej hodowli pszenicy w Polsce jest uzyskanie odmian plennych o ulepszonych cechach jakościowych i wysokiej wartości odżywczej oraz odpornych na choroby. Bardzo ważnym zadaniem hodowli jest uzyskanie dużej zawartości białka w ziarnie. Zawartość białka w ziarnie nie jest wyłącznie cechą odmianową, ale zależy również od warunków klimatyczno-glebowych, nawożenia oraz ochrony chemicznej [28].

Wymogi te skłaniają do stałej weryfikacji wartości technologicznej, jak i jakości nowych odmian pszenicy.

Dr inż. W. Biel, Katedra Hodowli Trzody Chlewnej, Żywienia Zwierząt i Żywności, Wydz. Biotechnologii i Hodowli Zwierząt, ul. Doktora Judyma 2, 71-466 Szczecin, dr hab. R. Maciorowski, prof. ZUT, Katedra Agronomii, Wydz. Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, ul. Papieża Pawła VI 3,71-459 Szczecin, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Celem pracy była ocena składu chemicznego i wartości odżywczej ziarna odmian pszenicy ozimej i jarej ze zbioru w latach 2007-2008.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiło ziarno 6 odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) ze zbioru w latach 2007 i 2008 r., pochodzące z Hodowli Roślin Strzelce sp. z o.o.

Do oceny wybrano pszenicę wzorcową odmiany Torka, trzy odmiany pszenicy jarej (Korynta, Cytra, Zadra) oraz dwie odmiany pszenicy ozimej (Fregata, Markiza). Warunki pogodowe w badanych latach były następujące: opady średnioroczne w 2007 r. wynosiły 798 mm, przy wilgotności 79 %, w 2008 r. – 541 mm, przy wilgotności 78 %. Średnia temperatura powietrza w 2007 r. wynosiła 9 °C (-15,7 do 35,5 °C), w 2008 r. 8 °C (-12,4 do 30,9 °C). Średnia temperatura gleby wynosiła w 2007 r. 10 °C (-3 do 26 °C), tak samo w 2008 r. 10 °C (-5,2 do 31,1 °C). Ziarno było zaprawiane przed siewem środkiem Maxi 025 FS. Nawożenie azotem wynosiło 80 kg $N \times ha^{-1}$ oraz 40 $kg \times ha^{-1} P_2O_5$ i 40 $kg \times ha^{-1}$ K_2O. Przed wykłoszeniem pszenicy zastosowano oprysk preparatem Tergal CCC.

Do badań chemicznych użyto śruty otrzymanej z ziarna zmielonego w młynku laboratoryjnym Knifetec 1095, Foss Tecator. Podstawowy skład chemiczny ziarna pszenicy (sucha masa, związki mineralne w postaci popiołu całkowitego, białko ogólne, włókno surowe) oznaczano metodą standardową AOAC [2]. W celu oznaczenia suchej masy próby suszono w piecu w temp. 105 °C do uzyskania stałej masy. Ekstrakt eterowy oznaczano za pomocą eteru dietylowego metodą Soxhleta wg PN-ISO 6492:2005 [24], popiół całkowity – poprzez spalenie w piecu muflowym w temp. 580 °C przez 8 h wg PN-ISO-2171:1994 [21], białko ogólne (N×6,25) określono metodą Kjeldahla wg PN-EN-ISO-5983-1:2005 [23] przy użyciu aparatu Büchi B-324, włókno surowe oznaczono wg PN-EN-ISO-6865:2002 [22].

Frakcje włókna: NDF (neutral detergent fibre), ADF (acid detergent fibre), ADL (acid detergent lignin) oznaczano z zastosowaniem metody van Soesta i wsp. [32], wykorzystując aparat Ancom 220 Fiber Analizer. Frakcję NDF oznaczano z zastosowaniem SLS (siarczanu sodowo-laurylowego), ADF z zastosowaniem CTAB (bromku cetylo-trójmetylo-amoniowego), ADL poprzez rozkład otrzymanego ADF w 72-procentowym kwasie siarkowym. Zawartość hemicelulozy obliczano z różnicy pomiędzy NDF i ADF, a celulozy – z różnicy ADF i ADL. Wyniki składu podstawowego przedstawiono w g na kg s.m.

Udział aminokwasów w białku ziarna ocenianych odmian pszenicy, z wyjątkiem tryptofanu, oznaczano w analizatorze aminokwasów typ AAA-400, po uprzedniej hydrolizie 6 M HCl. Ponadto aminokwasy siarkowe poddawano hydrolizie 6 M HCl po utlenieniu mieszaniną kwasu mrówkowego i nadtlenku wodoru w stosunku 9 : 1. Tryp-

tofan oznaczano zgodnie z metodą AOAC [2]. Skład aminokwasowy przedstawiono w g na 16 g azotu. Skład ten posłużył do oceny wartości odżywczej białka. Wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS, chemical score) określano z zastosowaniem dwóch standardów: aminokwasów dla człowieka dorosłego (MH) [11] oraz białka jaja kurzego (WE) [10]:

$$CS = a_i/a_s \times 100\ [\%],$$

gdzie:
a_i – zawartość aminokwasu egzogennego białka badanego,
a_s – zawartość aminokwasu egzogennego białka wzorcowego.

Wskaźnik aminokwasów niezbędnych (EAAI, essential amino acid index) obliczano jako średnią geometryczną wszystkich aminokwasów egzogennych do zawartości tych aminokwasów w danym wzorcu:

$$\text{EAAI} = \sqrt[n]{(a_1/a_{1s})\times 100\times ...\times (a_n/a_{ns})\times 100} = \sqrt[n]{\frac{a_1}{a_{1s}}100\times\cdots\times\frac{a_n}{a_{ns}}100} = 10^{\log EAAI},$$

gdzie
a_n – zawartość aminokwasu białka badanego,
a_{ns} – zawartość aminokwasu białka wzorcowego,
przy czym:

$$\log EAAI = \frac{1}{n}\left(\log\left(\frac{a_1}{a_{1s}}100\right)+\cdots+\log\left(\frac{a_n}{a_{ns}}100\right)\right) = \frac{1}{n}\left(\log\frac{a_1}{a_{1s}}+\cdots+\log\frac{a_n}{a_{ns}}\right)+2.$$

Przewidywaną wartość PER (protein efficiency ratio) obliczano za pomocą trzech równań regresji podanych przez Alsmeyer i wsp.[1]:
- $PER_1 = - 0{,}684 + 0{,}456 \times Leu – 0{,}047 \times Pro$;
- $PER_2 = - 0{,}468 + 0{,}454 \times Leu – 0{,}105 \times Tyr$;
- $PER_3 = - 1{,}816 + 0{,}435 \times Met + 0{,}780 \times Leu + 0{,}211 \times His – 0{,}944 \times Tyr$.

Dane analizowano za pomocą metody analizy wariancji w układzie kompletnej randomizacji. Czynnikami w analizie były odmiany i lata badań. Ze względu na to, że dysponowano tylko powtórzeniami laboratoryjnymi analiz, do testowania istotności efektów głównych użyto sumy błędu oraz interakcji lata × odmiany. Wartości średnie porównywano za pomocą testu Duncana przy $p = 0{,}05$ [30].

Wyniki i dyskusja

Wyniki badanych cech wybranych odmian pszenicy były zbliżone w poszczególnych latach badań. Stąd interpretowano je jako wartości średnie z dwóch lat zbioru 2007 i 2008, bez przedstawienia interakcji badanych czynników.

Jakość ziarna pszenicy w dużym stopniu zależy od odmiany, czynników pogodowych i agrotechnicznych oraz warunków zbioru, transportu i przechowywania [12]. Jednym z najważniejszych składników odżywczych jest białko. Wielu autorów podkreśla, że białko stanowi podstawowe kryterium oceny wartości wypiekowej pszenicy. Zawartość białka w ziarnie jest cechą dziedziczną, silnie modyfikowaną czynnikami siedliskowymi i agrotechnicznymi [25]. Poziom białka (tab. 1) w ziarnie pszenicy badanych odmian był zróżnicowany od 151 do 176 g/kg s.m. Największą istotną zawartość oznaczono w ziarnie dwóch odmian pszenicy: jarej odmiany Korynta – 176 g/kg s.m. i ozimej odmiany Fregata – 174 g/kg s.m., co potwierdza badania Stagnari i wsp. [29]. Zawartość białka w tych odmianach była większa o ok. 9 % od odmiany wzorcowej Torka. Istotnie najniższym poziomem białka charakteryzowała się odmiana ozima (paszowa) Markiza, należąca do klasy C – 151 g/kg s.m. Natomiast Jakubczyk i Gondek [13] uzyskali mniejszą zawartość białka w ziarnie odmiany Cytra i Zadra – 136 g/kg s.m. niż w badaniach własnych. Różnica może wynikać z innego miejsca zbioru. Ziarno badane przez wymienionych autorów pochodziło ze Stacji Doświadczalnej Osina, należącej do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, z 2007 r.

Biorąc pod uwagę wykorzystanie ziarna pszenicy w przemyśle młynarsko-piekarskim należy podkreślić, że każda z omawianych odmian może być przeznaczona do produkcji mąki, ponieważ ziarno na cele piekarskie powinno zawierać co najmniej 11,5 % białka w s.m. Ziarno, które może spełniać rolę tzw. poprawiacza w mieszankach przemiałowych z ziarnem o średniej bądź niskiej wartości technologicznej powinno zawierać ponad 14 % białka w s.m. [17].

Zawartość tłuszczu w znacznie większym stopniu niż białko, węglowodany ogółem i włókno decyduje o energii zawartej w pszenicy. W badanym ziarnie istotnie największą zawartością tłuszczu charakteryzowało się ziarno odmiany jarej Korynta – 23 g/kg s.m. Natomiast najmniejszą istotną zawartość, spośród badanych odmian, wykazywała pszenica ozima paszowa Markiza – 13 g/kg s.m. Udział tłuszczu w badanych odmianach jest zbieżny z wynikami uzyskanymi przez Augustyna i Barteczkę [3] oraz Charalampopoulos i wsp. [8], którzy podają, że poziom tłuszczu mieści się w granicach 10,6 - 25,8 g/kg s.m.

Wartość biologiczna jest uzależniona od ilości i rodzaju włókna pokarmowego oraz zawartości polisacharydów nieskrobiowych (NSP – non starch polysaccharides). Z badań własnych wynika, że zawartość włókna w badanych odmianach pszenicy była bardzo zróżnicowana. Ziarno odmian jarych zawierało istotnie mniej włókna surowego niż odmian ozimych. Najmniejszą zawartość włókna stwierdzono w ziarnie odmiany wzorcowej Torka – 10 g/kg s.m., zaś największą – odmiany Fregata – 22 g/kg s.m. W badaniach przedstawionych przez Rahman i Kader [26] pszenica zawierała w zależności od odmiany 19,3 - 22,0 g/kg s.m.

T a b e l a 1

Skład chemiczny ziarna pszenicy badanych odmian [g/kg s.m.].
Chemical composition of wheat grains of cultivars analysed [g/kg d.m.].

Wyszczególnienie Specification	Torka	Korynta	Cytra	Zadra	Fregata	Markiza	$\bar{x}$
Sucha masa Dry matter [g/kg]	871^{b}	868^{bc}	870^{bc}	866^{c}	877^{a}	871^{b}	871
Białko ogólne Total protein	161^{cd}	176^{a}	166^{bc}	155^{de}	174^{ab}	151^{e}	164
Tłuszcz Fat	20^{c}	23^{a}	20^{c}	22^{b}	20^{c}	13^{d}	20
Włókno surowe Crude fibre	10^{e}	14^{cd}	12^{de}	14^{bc}	22^{a}	17^{b}	15
Popiół całkowity Total ash	17	17	18	17	18	18	17
Węglowodany* Carbohydrates	662^{ab}	639^{c}	655^{b}	658^{b}	643^{c}	673^{a}	655
NDF Neutral detergent fibre	83^{c}	88^{c}	92^{c}	109^{b}	124^{a}	135^{a}	105
ADF Acid detergent fibre	27^{bc}	28^{b}	28^{b}	23^{c}	29^{b}	50^{a}	31
ADL Acid detergent lignin	4^{b}	3^{b}	3^{b}	3^{b}	6^{a}	5^{a}	4
Celuloza Cellulose	23^{bc}	25^{b}	24^{bc}	20^{c}	23^{bc}	44^{a}	27
Hemiceluloza Hemicellulose	57^{b}	60^{b}	64^{b}	87^{a}	94^{a}	85^{a}	74

Objaśnienia: / Explanatory notes:
$\bar{x}$ – wartość średnia / mean walue; n = 2; a, b, c – różnice statystycznie istotne w wierszach przy $p \leq 0,05$ / statistically significant differences in rows at $p \leq 0.05$;
*Węglowodany ogółem = sucha masa – (białko ogólne + tłuszcz surowy + popiół surowy + włókno surowe) / total carbohydrates = dry matter – (total protein + crude oil + raw ash + crude fibre).

Ziarna zbóż są źródłem składników mineralnych, cennych zarówno ze względów odżywczych, jak i technologicznych. Zawartość popiołu jest jednym z kryteriów oceny jakości mąki i pośrednio informuje o wyciągu mąki, czyli o procentowym udziale masy mąki uzyskanej podczas przemiału w stosunku do masy ziarna [17]. Zawartość

składników mineralnych, wyrażonych jako popiół całkowity, wyniosła średnio 17 g/kg s.m., co potwierdza badania innych autorów [7, 26].

Włókno pokarmowe jest pod względem strukturalnym bardzo zróżnicowane i ma istotne znaczenie w fizjologii przewodu pokarmowego oraz w technologii żywności [18]. W badaniach własnych istotnie najmniejszą zawartość frakcji NDF (tab. 1) stwierdzono w ziarnie odmiany Korynta – 88 g/kg s.m. oraz wzorcowej – Torka 83 g/kg s.m. Największą zawartością ligniny charakteryzowało się ziarno odmian ozimych – Fregata i Markiza. Odmiany jare cechowała istotnie mniejsza zawartość tej frakcji. Jak podaje Cyran [9], poziom celulozy w pszenicy, podobnie, jak i w pszenżycie oraz życie nie przekracza 2 % s.m., co potwierdzają wyniki badań własnych. Jedynie w ziarnie odmiany Markiza stwierdzono aż 4 % celulozy w s.m. (tab. 1).

Aminokwasy decydują o wartości odżywczej białka, a ściślej – zawarte w nim aminokwasy niezbędne. Suma wszystkich aminokwasów (tab. 2) nie różnicowała odmian i wyniosła średnio 86 g/16 g N.

W żywieniu najważniejsze znaczenie mają: lizyna, aminokwasy siarkowe, treonina, tryptofan, walina i izoleucyna. Należy podkreślić, że pomimo relatywnie dużej zawartości aminokwasów w białku pszenicy, pozostaje ono nadal niepełnowartościowym białkiem. Ziarno pszenicy, podobnie jak inne zboża, jest ubogie w lizynę (średnia zawartość w badaniach własnych – 1,89 g/16 g N). Istotnie największą zawartością lizyny charakteryzowało się ziarno odmiany Markiza – 2,15 g/16 g N. Ziarna zbóż, w tym pszenica, są doskonałym źródłem aminokwasów siarkowych. Jak podaje Boros [6], ich zawartość w pszenicy kształtuje się na poziomie 3 g/16 g N. Może być zatem doskonałym uzupełnieniem w zestawieniu z roślinami strączkowymi, których jakość białka ograniczają metionina z cystyną [31]. Ralcewicz i Knapowski [27] stwierdzili, że zawartość białka i aminokwasów w ziarnach zbóż jest zależna od warunków pogodowych panujących podczas okresu wegetacyjnego. Odmiana paszowa Markiza jest najbogatsza w tryptofan oraz fenyloalaninę i tyrozynę (tab. 2). Natomiast istotnie najmniej tryptofanu oznaczono w ziarnie odmiany wzorcowej Torka oraz odmiany ozimej chlebowej Fregata – 0,97 g/16 g N. Podobną zawartość w ziarnie odmiany ozimej Rywalka uzyskali Kowieska i wsp. [14]. W pszenicy występuje również niedobór treoniny. Z badań własnych wynika, że największa istotna zawartość treoniny występowała w ziarnie odmiany ozimej Fregata – 2,61 g/16 g N, zaś najmniejsza – 2,08 g/16 g N w jarej odmianie wzorcowej Torka. Jest to drugi w kolejności aminokwas ograniczający wykorzystanie białka według wzorca dla ludzi (CS_{MH}) w przypadku wszystkich badanych odmian. Boros [6] oznaczył 2,93 g/16 g N treoniny.

T a b e l a 2

Skład aminokwasowy białka ziarna pszenicy badanych odmian [g/16 g N].
Amino acid compositions of protein of wheat grains of cultivars analysed [g/16 g N].

Wyszczególnienie Specification	Torka	Korynta	Cytra	Zadra	Fregata	Markiza	$\bar{x}$
Aminokwasy niezbędne / Essential amino acids							
Lizyna / Lysine	1,76^{b}	1,82^{b}	1,89^{b}	1,85^{b}	1,88^{b}	2,15^{a}	1,89
Metionina+Cystyna Methionine + Cystine	2,78^{a}	2,85^{a}	2,72^{a}	2,89^{a}	2,84^{a}	2,51^{b}	2,77
Cystyna / Cystine	1,45^{b}	1,57^{a}	1,45^{b}	1,52^{ab}	1,59^{a}	1,30^{c}	1,48
Treonina /Threonine	2,08^{d}	2,10^{cd}	2,11^{cd}	2,27^{bc}	2,61^{a}	2,30^{b}	2,25
Izoleucyna /Isoleucine	2,22^{b}	2,33^{b}	2,35^{b}	2,21^{b}	2,32^{b}	2,90^{a}	2,39
Tryptofan / Tryptophan	0,97^{b}	0,99^{b}	1,01^{b}	1,04^{b}	0,97^{b}	1,14^{a}	1,02
Walina /Valine	3,49^{a}	3,19^{cd}	3,45^{ab}	3,03^{d}	3,23^{bcd}	3,38^{abc}	3,30
Leucyna /Leucine	6,22^{ab}	6,04^{ab}	5,89^{b}	5,03^{d}	5,39	6,36	5,82
Histydyna / Histidine	1,86^{c}	1,70^{cd}	2,29^{a}	1,65^{d}	2,04^{b}	1,85^{c}	1,90
Fenyloalanina+Tyrozyna Phenylalanine+Tyrosine	5,72^{b}	5,98^{b}	5,09^{c}	5,70^{b}	5,48^{bc}	6,65^{a}	5,77
Aminokwasy endogenne / Non-essential amino acids							
Tyrozyna / Tyrosine	2,18^{ab}	2,18^{ab}	1,81^{c}	2,02^{bc}	1,98^{bc}	2,38^{a}	2,09
Arginina / Arginine	4,13^{b}	4,20^{b}	3,93^{b}	4,04^{b}	4,01^{b}	4,85^{a}	4,19
Kwas asparaginowy Asparginic acid	4,28^{c}	4,52^{bc}	5,05^{a}	4,58^{b}	4,39^{bc}	5,20^{a}	4,67
Seryna / Serine	4,07^{a}	3,70^{bc}	3,88^{ab}	3,25^{d}	3,22^{d}	3,51^{cd}	3,61
Kwas glutaminowy Glutaminic acid	34,33^{ab}	33,56^{ab}	35,00^{a}	33,11^{ab}	32,20^{bc}	30,47^{c}	33,12
Prolina / Proline	7,06^{cd}	7,58^{ab}	7,29^{bc}	7,68^{a}	7,21^{cd}	6,90^{d}	7,29
Glicyna / Glycine	3,30	3,18	3,43	2,47	3,47	3,36	3,36
Alanina / Alanine	2,81^{a}	2,75^{a}	2,90^{a}	1,68^{c}	2,87^{a}	2,45^{b}	2,58
Suma / Total	87,10	86,52	88,33	83,41	84,16	86,00	85,92

Objaśnienia: / Explanatory notes:
$\bar{x}$ – wartość średnia / mean walue; n = 2; a, b, c – różnice statystycznie istotne w kolumnach przy $p \leq 0,05$ / statistically significant differences in rows at $p \leq 0.05$;

W białku pszenicy, podobnie jak w innych zbożach, zauważa się deficyt izoleucyny. Przypuszcza się, że izoleucyna, podobnie jak inne aminokwasy rozgałęzione, ma znaczenie w procesach odporności. Dotyczy to zarówno niedoboru, jak i nadmiaru tego

aminokwasu. Badania na szczurach wykazały, że immunosupresja powodowana przez nadmiar leucyny w diecie może być ograniczona przez wzrost spożycia izoleucyny i waliny. Z kolei niedobór izoleucyny i waliny powoduje zmniejszenie odporności myszy [15]. Istotnie największą zawartość uzyskano jedynie w ziarnie odmiany Markiza – 2,90 g/16 g N. Izoleucyna okazała się drugim aminokwasem ograniczającym wykorzystanie białka według wzorca jaja kurzego (CS_{WE}). Bonafaccia i wsp. [5] uzyskali większą zawartość izoleucyny – 3,3 g/16 g N.

T a b e l a 3

Wskaźniki wartości odżywczej [%] białka ziarna pszenicy badanych odmian.
Nutritional parameters [%] of protein in wheat grains of cultivars analysed.

Wyszczególnienie / Item	Torka	Korynta	Cytra	Zadra	Fregata	Markiza	$\bar{x}$
EAA_{MH} [g/16 g N]	$25,26^{b}$	$25,31^{b}$	$24,53^{b}$	$24,02^{b}$	$24,74^{b}$	$27,40^{a}$	25,21
EAA_{MH} as per cent of total AA	$29,02^{b}$	$29,26^{b}$	$27,78^{c}$	$28,80^{b}$	$29,40^{b}$	$31,86^{a}$	29,35
CS_{MH}	$32,05^{b}$	$33,05^{b}$	$34,41^{b}$	$33,59^{b}$	$34,14^{b}$	$39,05^{a}$	34,38
$EAAI_{MH}$	$67,10^{b}$	$67,73^{b}$	$66,96^{b}$	$65,97^{b}$	$68,04^{b}$	$72,15^{a}$	67,99
EAA_{WE} [g/16 g N]	$27,12^{b}$	$27,02^{b}$	$26,82^{b}$	$25,68^{b}$	$26,78^{b}$	$29,25^{a}$	27,11
EAA_{WE} as per cent of total AA	$31,16^{bc}$	$31,23^{bc}$	$30,37^{c}$	$30,78^{bc}$	$31,82^{b}$	$34,02^{a}$	31,56
CS_{WE}	$25,18^{b}$	$25,96^{b}$	$27,03^{b}$	$26,39^{b}$	$26,82^{b}$	$30,68^{a}$	27,01
$EAAI_{WE}$	$51,46^{b}$	$51,34^{b}$	$52,56^{b}$	$50,12^{b}$	$52,58^{b}$	$56,04^{a}$	52,35
PER_1	$1,82^{ab}$	$1,72^{b}$	$1,66^{b}$	$1,24^{d}$	$1,43^{c}$	$1,89^{a}$	1,63
PER_2	$2,02^{a}$	$1,95^{bc}$	$1,94^{a}$	$1,51^{c}$	$1,68^{b}$	$2,06^{a}$	1,86
PER_3	$1,94^{ab}$	$1,75^{bc}$	$2,10^{a}$	$1,14^{d}$	$1,50^{c}$	$1,82^{abc}$	1,71

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

Na zawartość aminokwasów egzogennych wpłynęła odmiana pszenicy (tab. 3). Istotnie najwyższym poziomem aminokwasów egzogennych charakteryzowała się odmiana Markiza, biorąc pod uwagę zarówno wzorzec aminokwasów dla człowieka 27,40 g/16 g N, jak i dla zwierząt 29,25 g/16 g N.

W porównaniu z obu standardami lizyna okazała się pierwszym aminokwasem ograniczającym (CS) jakość białka w ziarnie wszystkich badanych odmian pszenicy (tab. 3). Istotnie najwyższy poziom EAA w ziarnie odmiany Markiza korespondował ze wskaźnikiem wartości odżywczej białka na podstawie wskaźnika aminokwasów niezbędnych (EAAI) wynoszącym: 72 % (MH) i 56 % (WE). W innych badaniach wskaźnik EAAI określony według wzorca WE wyniósł w ziarnie: pszenicy 63 %, żyta 59 % i pszenżyta 57 % [16], owsa 57 % [4], a według wzorca MH wyniósł w ziarnie: pszenicy 66 %, pszenżyta 66 % i owsa 70 % [20] lub 74 % [4].

Obliczone przewidywane wskaźniki PER (1,82 - 2,06 %) potwierdzają największą wartość odżywczą białka pszenicy Markiza. Pérez-Conesa i wsp. [19] uzyskali większe wartości tego wskaźnika (średnio o 2,4 %). Podobne wartości wymienionych wskaźników określone na podstawie doświadczeń na zwierzętach uzyskali Lubowicki i wsp. [16] w ziarnie żyta – 1,93 %, natomiast w ziarnie pszenicy wartość ta była niższa niż obliczona w badaniach własnych i wyniosła 1,43 %.

Przedstawione wyniki badań wskazują na konieczność prowadzenia oceny wartości odżywczej nowych odmian pszenicy, jako integralnej części pracy hodowlanej nad tym gatunkiem. Uzyskane wyniki badań własnych potwierdzają, że skład chemiczny zależy od odmiany. O wartości odżywczej białka decyduje nie tylko zawartość białka ogółem, ale przede wszystkim jego skład aminokwasowy, co wykazano przede wszystkim w ziarnie odmiany paszowej Markiza.

Wnioski

1. Spośród przebadanych odmian pszenicy największą zawartość białka ogólnego stwierdzono w ziarnie jarej odmiany Korynta (klasa A) – 176 g/kg s.m., a najmniejszą w ziarnie ozimej odmiany paszowej Markiza (klasa C) – 151 g/kg s.m.
2. Mimo najmniejszej zawartości białka w ziarnie odmiana Markiza wyróżniała się najkorzystniejszym składem aminokwasowym, szczególnie pod względem aminokwasów niezbędnych.
3. W ziarnie pszenicy odmiany Markiza stwierdzono istotnie największą zawartość lizyny (2,15 g·/ 16 g N), aminokwasu najczęściej ograniczającego jakość białka zbóż. Mimo to lizyna okazała się pierwszym aminokwasem ograniczającym (CS) w przypadku tej odmiany, jak i wszystkich badanych odmian.
4. Korzystny poziom aminokwasów egzogennych w ziarnie odmiany Markiza korespondował z najwyższą wartością odżywczą białka, obliczoną na podstawie wskaźnika EAAI oraz PER.

Literatura

[1] Alsmeyer R.H., Cunningham A.E., Happich M.L.: Equations predicts PER from amino acid analysis. Food Technol., 1974, **28**, 34–40.

[2] AOAC: Official Methods of Analysis. 15th Edition. Assoc. Off. Anal. Chem. Washington, D.C., 1990.

[3] Augustyn R., Barteczko J.: Effect of crude, detergent or dietary fibre in wheat grain cultivars on pH and intestinal viscosity in broiler chickens. J. Anim. Feed Sci., 2009, **18 (1)**, 124-131.

[4] Biel W., Bobko K., Maciorowski R.: Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. J. Cereal Sci., 2009, **49**, 413-418.

[5] Bonafaccia G., Galli V., Francisci R., Mair V., Škrabanja V., Kreft I.: Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. Food Chem., 2000, **68**, 437-441.

[6] Boros D.: Influence of R genome on the nutritional value of triticale for broiler chicks. Anim. Feed Sci. Tech., 1999, **76**, 219-226.
[7] Cacak-Pietrzak G., Gondek E.: Właściwości przemiałowe ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej. Acta Agrophys., 2010, **16 (2)**, 263-273.
[8] Charalampopoulos D., Wang R., Pandiella S.S., Webb C.: Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. Int. J Food Microbiol., 2002, **79**, 131-141.
[9] Cyran M.: Skład chemiczny, właściwości fizykochemiczne i technologiczne niektórych składników włókna pokarmowego zbóż. Biul. IHAR, 1997, **203**, 257-257.
[10] FAO/WHO/UNU: Energy and protein requirements. Report of a joint FAO-WHO nutritional meeting. Geneva, Tech. Rep., 1985, 273.
[11] FAO/WHO: Protein quality evaluation. Report of a joint FAO-WHO expert consultation. Rome. FAO. Food Nutr. 1991, 51.
[12] Gondek E., Jakubczyk E., Sułek A., Cacak-Pietrzak G.: Wpływ nawożenia azotem i prędkości ściskania na emisję akustyczną ziarna wybranych odmian pszenicy jarej. Acta Agrophys., 2009, **14 (2),** 323-334.
[13] Jakubczyk E., Gondek E.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na właściwości mechaniczne ziarna odmian pszenicy jarej. Acta Agrophys., 2009, **14 (2)**, 335-34.
[14] Kowieska A., Jaskowska I., Lipiński P.: Zawartość frakcji węglowodanowych i aminokwasów w ziarnie pszenicy wyprodukowanym w dwóch następujących po sobie latach. Acta Sci. Pol. Zootechnica., 2009, **9 (3)**, 135-146.
[15] Lipiński K.: Aminokwasy w żywieniu świń – izoleucyna. Trzoda Chlewna, 2011, **6**, 54-57.
[16] Lubowicki R., Kotlarz A., Petkov K., Jaskowska I.: Ocena składu chemicznego i wartości biologicznej białka ziarna pszenżyta, pszenicy i żyta. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 1997, **65**, 243-248.
[17] Majchrzak M.: Jaką pszenicę wybrać? Aktual. Rol., 2009, **3**, 11-13.
[18] Ötles S., Cagindi Ö.: Cereal based functional foods and nutraceuticals. Acta Sci. Pol. Tech. Aliment., 2006, **5 (1)**, 107-112.
[19] Pérez-Conesa D., Ros G., Periago M. J.: Protein nutritional quality of infant cereals during processing. J. Cereal Sci., 2002, **36**, 125-133.
[20] Pisulewska E., Zając T.: Porównanie plonu zawartości oraz składu aminokwasowego białka w ziarnie pszenżyta jarego w zależności od współrzędnie uprawianej rośliny motylkowej. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 1997, **65**, 325-333.
[21] PN-ISO 2171:1994. Ziarno zbóż. Oznaczanie popiołu całkowitego.
[22] PN-EN-ISO-6865: 2002. Pasze. Oznaczanie zawartości włókna surowego.
[23] PN-EN-ISO-5983-1: 2005. Pasze. Oznaczanie zawartości azotu i obliczanie zawartości białka ogólnego. Część I. Metoda Kjeldahla.
[24] PN-ISO-6492: 2005. Pasze. Oznaczanie zawartości tłuszczu surowego.
[25] Podolska G.: Wpływ dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej. Acta Sci. Pol. Agricultura, 2008, **7 (1)**, 57-65.
[26] Rahman S., Kader A.: Comparison of nutritional and physiochemical properties of bangladeshi wheat varietes. World App. Sci. J., 2011, **12 (2)**, 178-181.
[27] Ralcewicz M., Knapowski T.: Ocena oddziaływania wybranych czynników agrotechnicznych na wielkość plonu ziarna i skład chemiczny białka owsa. Biul. IHAR, 2006, **239**, 193-204.
[28] Shewry P.R.: Improving the protein content and composition of cereal grain. J. Cer. Sci., 2007, **46**, 239-250.
[29] Stagnari F., Ciodanni P., Pisante M.: Agronomic and kernel quality of ancient wheats grown i central and southern Italy. Cer. Res. Comm., 2008, **36 (2)**, 313-326.
[30] StatSoft, Inc.: STATISTICA (data analysis software system), version 9.0. 2009, www.statsoft.com.

[31] Sujak A., Kotlarz A., Strobel W.: Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. Food Chem., 2006, **98**, 711-719.
[32] Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A.: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 1991, **74**, 3583-3597.

ASSESSING NUTRITIONAL VALUE OF GRAINS OF SELECTED WHEAT CULTIVARS

S u m m a r y

The research material consisted of grains of six wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) harvested in 2007 and 2008 (spring cultivars: Torka, Korynta, Cytra, Zadra; winter cultivars: Fregata and Markiza). The analyses comprised the contents of: dry mass, total protein, crude fat, fibre, total carbohydrates, fibre fraction, mineral compounds, amino acids, and nutritional parameters of protein (CS, EAAI, and PER). The Korynta cultivar was characterized by the highest content of protein (176 g/kg d.m.), whereas the Markiza cultivar. – by the lowest content of protein (151 g/kg d.m.). The content of crude fibre in the grains of spring cultivars was lower than in the grains of winter cultivar. The grains of Fregata and Markiza winter cultivars were characterized by the highest content of lignin (ADL). A high content of exogenous amino acids was found in the grains of Markiza cultivar and this was reflected in a high nutritive value computed on the basis of CS and EAAI parameters and of the predicted PER value. In all the samples investigated, lysine appeared to be the first amino acid to limit the value of protein value (CS_{MH}, CS_{WE}).

Key words: wheat, chemical composition, fibre fractions, amino acids, protein quality

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 56 – 67

MAŁGORZATA WRONKOWSKA, MARIA SORAL–ŚMIETANA,
LIDIA ZANDER, ZYGMUNT ZANDER, MONIKA JADACKA

KSZTAŁTOWANIE CECH TECHNOLOGICZNYCH I JAKOŚCI CHLEBA POPRZEZ UDZIAŁ PRZEMYSŁOWEGO KONCENTRATU SERWATKI POTWAROGOWEJ

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

Celem pracy było określenie wpływu dodatku otrzymanego przemysłowo koncentratu serwatki kwasowej (potwarogowej) na cechy technologiczne i jakość chleba. Produkty wypiekowe pszenne otrzymano z mąki pszennej typu 500 lub 750, natomiast chleb pszenno-żytni (tzw. baltonowski) uzyskano z mąki pszennej typu 750 i mąki żytniej typu 720. Suszony rozpyłowo koncentrat serwatkowy dodano w ilości 20 lub 30 % na etapie przygotowania ciasta chlebowego. Stwierdzono istotne zwiększenie wydajności ciasta oraz pieczywa pod wpływem zastosowanego koncentratu serwatki. Odnotowano zmniejszenie jednostkowej objętości doświadczalnych bochenków w porównaniu z próbami kontrolnymi. Na skutek udziału koncentratu serwatkowego w pieczywie wystąpiło wyraźne rozjaśnienie barwy miękiszu oraz intensywniejsze skolorowanie skórki. W pieczywie doświadczalnym stwierdzono statystycznie istotne zwiększenie zawartości składników pełniących funkcje odżywcze, białka oraz składników mineralnych ogółem.

Słowa kluczowe: przemysłowy koncentrat serwatki kwasowej, mąka pszenna, mąka żytnia, pieczywo

Wprowadzenie

Nowoczesne technologie w przemyśle mleczarskim umożliwiają otrzymywanie ze składników mleka funkcjonalnych produktów, które następnie mogą znaleźć zastosowanie m.in. w przemyśle piekarskim. Wprowadza się je do pieczywa ze względu na ich wysoką wartość odżywczą i funkcjonalną [3, 10, 12, 24, 28].

Serwatka jest produktem powstającym w technologicznych procesach wytwarzania serów dojrzewających oraz twarogów. W procesie otrzymywania serów dojrzewających na etapie podpuszczkowej koagulacji mleka otrzymuje się tzw. serwatkę słodką,

Dr inż. M. Wronkowska, prof. dr hab. inż. M. Soral-Śmietana, mgr M. Jadacka, Zakład Chemii i Biodynamiki Żywności, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, ul. J. Tuwima 10, 10-719 Olsztyn, dr hab. inż. L. Zander, prof. UWM, dr hab. inż. Z. Zander, prof. UWM, Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 7, 10-957 Olsztyn

której pH waha się od 6,2 do 6,6. Z kolei tzw. serwatka kwasowa o pH od 4,5 do 4,7 powstaje w trakcie kwasowej koagulacji mleka podczas produkcji twarogów. Przemysłowo uzyskiwane serwatki z odmiennych procesów technologicznych różnią się zarówno składem chemicznym, jak i właściwościami fizykochemicznymi. Serwatka kwasowa zawiera więcej kwasu mlekowego (do 0,7 %), związków mineralnych w postaci popiołu surowego oraz mniej białek w porównaniu z serwatką słodką [2, 29]. Niskie pH oraz duża zawartość soli ograniczają dalsze przetwarzanie serwatki kwasowej [7]. Trudności w jej utylizacji dotyczą szczególnie dużych zakładów produkcyjnych, które w procesie wytwarzania twarogu otrzymują przy jednym kilogramie tego produktu około dziewięciu litrów serwatki [9].

Pod względem technologicznym i żywieniowym serwatka jest fazą wodną mleka, z którego wydzielono tylko część białek – kazeinę, a więc zawiera większość cennych składników obecnych w mleku. Są to głównie [w 1 l mleka]: białka serwatkowe (6 g), laktoza (48 g), substancje mineralne (7 g) i tłuszcz (37 g) [4, 6]. Według Román i wsp. [23] w serwatce kwasowej pozostaje 45 - 50 % suchej masy mleka. Składniki te odzyskuje się obecnie z płynnej serwatki dzięki upowszechnieniu technik separacji membranowej. W zależności od rodzaju użytej membrany stosowane są procesy: odwróconej osmozy, nanofiltracji, ultrafiltracji lub mikrofiltracji. Polscy producenci oferują kilka typów serwatki w proszku o wysokiej zawartości laktozy i niskiej zawartości białka oraz koncentraty białek serwatkowych o zawartości białka dochodzącej do 80 % [27].

Biologiczne funkcje białek mleka związane są z wielkością i kształtem ich molekuł. Dominującym białkiem mleka jest kazeina (około 80 %) oraz białka serwatkowe w ilości 20 % [4, 14]. Białka serwatkowe są często nośnikami ligandów i pierwiastków śladowych [4], używane są jako suplementy diety stanowiące bogate źródło aminokwasów niezbędnych dla organizmu człowieka. Pod względem żywieniowym preparaty serwatkowe w porównaniu z produktami pszennymi charakteryzują się znacznie wyższym wskaźnikiem wydajności wzrostowej białka (PER) oraz mogą stanowić uzupełnienie niektórych niezbędnych aminokwasów, a szczególnie lizyny, która w przypadku zbóż jest aminokwasem ograniczającym [26]. Białka pszenicy wykazują niższą wartość odżywczą w porównaniu z białkami mleka, są zatrzymywane w organizmie w mniejszym stopniu (66 %) niż białka mleka (74 %) [13]. Wartość odżywcza produktów wypiekowych wzrasta po wprowadzeniu do nich serwatki, również dzięki zwiększeniu zawartości wapnia [12]. Badania Kosikowskiego [11] wykazały, że serwatka kwasowa w proszku korzystnie wpływa na barwę skórki oraz smak chleba, herbatników, krakersów oraz przekąsek. Serwatka kwasowa, zawierająca cenne dla zdrowia składniki, w tym białka (albuminy i globuliny) oraz makro- i mikropierwiastki, może stanowić wartościowy produkt funkcjonalny do zastosowania w przemyśle piekarskim [24].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku przemysłowo otrzymywanego koncentratu serwatki kwasowej na właściwości technologiczne oraz jakość pieczywa pszennego i pszenno-żytniego.

Materiał i metody badań

Podstawowy materiał stosowany w doświadczeniach stanowiła serwatka kwasowa, uzyskana w warunkach przemysłowych przy produkcji twarogu. Po pasteryzacji poddawano ją procesowi nanofiltracji, otrzymany koncentrat neutralizowano, a następnie suszono rozpyłowo uzyskując koncentrat serwatki kwasowej w postaci proszku. W doświadczeniu laboratoryjnym wykorzystywano taki koncentrat jako odżywczy i funkcjonalny składnik pieczywa. Przygotowując ciasto chlebowe z mąki pszennej typu 500 (T-500), typu 750 (T-750) lub ciasto typu baltonowskiego z mąki mieszanej (pszenna typu 750 : żytnia typu 720, jak 3:2) dodawano 20 lub 30 % koncentratu serwatki kwasowej. Mąki zakupiono w firmie „Młynomag" w Grodzkim Młynie. Dodatkowo stosowano: handlowe drożdże (3 %), sól spożywczą (1 %) oraz wodę wodociągową. Według ustalonej wodochłonności [30] na 1000 g mąki do przygotowania ciasta użyto: mąka pszenna typu 500 – 535 ml wody; mąka pszenna typu 750 – 520 ml wody; mąka pszenna typu 750 : mąka żytnia typu 720, jak 3:2 – 596 ml wody. Próbę kontrolną stanowiło pieczywo bez dodatku koncentratu serwatki kwasowej.

Wypiek laboratoryjny

Wypiek chleba prowadzono metodą bezpośrednią, jednofazową [8]. Ciasto uzyskano przez mieszenie składników w miesiarce laboratoryjnej GM-2 (ZBPP, Bydgoszcz). Fermentacja w temp. 37 ºC przy wilgotności względnej 80 % trwała 1 h (z przebiciem po 30 min). Ciasto pszenno-żytnie fermentowano w taki sposób, jak ciasto pszenne, bez stosowania zakwasu, aby ograniczyć ilość zmiennych wpływających na tworzenie nowej struktury miękiszu z udziałem koncentratu serwatki kwasowej. Kęsy ciasta o masie 250 g umieszczano w komorze fermentacyjnej do optymalnego rozrostu (temp. 37 ºC, wilgotność względna 80 %). Wypiek prowadzono 30 min w temp. 210 ºC w piecu laboratoryjnym SVEBA DAHLEN (AB model DC-21, Szwecja).

Metody badań

Badania obejmowały podstawową charakterystykę technologiczną i chemiczną przemysłowej serwatki kwasowej oraz użytych sortymentów mąki. W serwatce kwasowej analizowano: wilgotność, zawartość popiołu [18] i białka [1] oraz laktozy metodą enzymatyczną przy użyciu odczynnika Lactose/D-Glucose (nr kat. 10 986 119 035, R-BIOPHARM, Niemcy). Zawartość białka ogółem w serwatce i badanych mąkach analizowano metodą Kjeldahla, stosując współczynniki przeliczeniowe: N × 6,38 –

serwatka kwasowa; N × 5,7 – mąki pszenna; N × 6,25 – mąka żytnia [1]. W mąkach oznaczano wilgotność [21], zawartość skrobi ogółem metodą polarymetryczną wg Ewersa [19], zawartość popiołu [22] i białka ogółem [1], a w mące pszennej oznaczano ilość glutenu mokrego [20].

Oznaczenie objętości bochenków [17] i masy właściwej miękiszu [8] wykonywano na świeżym, lecz ostudzonym pieczywie. Masa pieczywa po wyjęciu z pieca oraz po 24 h od wypieku posłużyła do obliczenia straty piecowej (upiek) i wydajności pieczywa [8]. Barwę miękiszu i skórki produktów wypiekowych analizowano stosując spektrofotometr ColorFlex (HunterLab, Stany Zjednoczone). Pomiary prowadzono zgodnie z system CIE Lab (L*, a*, b*), stosując typ obserwatora 10° oraz iluminat D65. Pomiary prowadzono przy zastosowaniu membrany o średnicy 30 mm. W zastosowanym systemie pomiarowym L* oznacza jasność (L* równe zero oznacza czerń, L* równe 100 – biel), która jest wektorem przestrzennym; natomiast a* (-a* = zieleń; +a* = czerwień) oraz b* (-b* = niebieski, +b* = żółty) są współrzędnymi trójchromatyczności.

Wykonywano także odwzorowanie przekrojów miękiszu badanych rodzajów pieczywa przy użyciu skanera (90 pikseli/cm^2, Epson Perfection V200 Photo) zarządzanego oprogramowaniem Epson Creativity Suite Software.

Próbki chleba liofilizowano, a następnie oznaczano w nich zawartość: suchej masy, popiołu [8] i białka ogółem, stosując współczynnik przeliczeniowy N × 5,7 [1].

Wszystkie wyniki badań są średnimi arytmetycznymi przynajmniej z trzech powtórzeń, natomiast wyniki oceny barwy są średnimi z 10 powtórzeń. Opracowanie statystyczne wyników przeprowadzono przy użyciu programu Statgraphics Centurion XV (StatPoint Inc., USA). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Fishera przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Cechy jakościowe chleba kształtowane są poprzez użyte do produkcji surowce, zarówno podstawowe, jak i te dodawane w niewielkich ilościach [3]. W tab. 1. przedstawiono charakterystykę chemiczną mąki pszennej typu 500 i typu 750 oraz mąki żytniej typu 720, a także stosowanego przemysłowego koncentratu serwatki kwasowej. Jednym z podstawowych parametrów jakości mąki jest jej wilgotność, przewidziana wymaganiami Polskich Norm [15, 16] w zakresie do 15 %. Wilgotność użytych w doświadczeniu sortymentów mąki pszennej oraz żytniej odpowiadała tym zaleceniom. Wskaźnikiem jakości mąki pszennej jest zawartość glutenu mokrego, kompleksu białkowego nadającego ciastu elastyczność i odpowiedzialnego za zdolność zatrzymywania gazów fermentacyjnych, a w pieczywie tworzącego strukturę miękiszu [8]. Zawartość glutenu mokrego w mąkach pszennych wynosiła około 32 % (tab. 1). Z charakterystyki chemicznej badanych mąk wynika, że mąka pszenna typu 500 wyróżniała

się zawartością skrobi (tab. 1). Natomiast w mące żytniej stwierdzono największą zawartość składników mineralnych. Analiza koncentratu serwatki (SK) wskazała, że przed jego zastosowaniem w doświadczeniu wilgotność była zbliżona do produktów mącznych. Jednak koncentrat w porównaniu z produktami mącznymi zawierał statystycznie istotnie więcej białka i składników mineralnych, a także cukier mlekowy – laktozę w ilości około 64 %.

Tabela 1

Charakterystyka chemiczna materiału badawczego.
Chemical profile of research material.

Materiał badań Research material	Wilgotność Moisture [%]	Gluten mokry Wet gluten [%]	Zawartość białka [% s.m.] Protein content [% d.m.]	Zawartość popiołu [% s.m.] Ash content [% d.m.]	Skrobia ogółem [% s.m.] Total starch [% d.m.]
SK	12,14 ± 0,31	-	19,7 ± 0,9a	6,66 ± 0,03a	-
T- 500	14,57 ± 0,07	32,8 ± 1,1	13,4 ± 0,0b	0,48 ± 0,00d	88,9 ± 0,1a
T- 750	13,99 ± 0,09	31,8 ± 0,0	13,5 ± 0,0b	0,67 ± 0,01c	86,1 ± 1,4b
T- 720	13,62 ± 0,19	-	11,7 ± 0,0c	0,78 ± 0,00b	81,3 ± 0,5c

Objaśnienia: / Explanatory notes:
SK – przemysłowy koncentrat serwatki kwasowej / industrially produced acid-whey preparation; T- 500 – mąka pszenna typu 500 / wheat flour of type 500; T-750 – mąka pszenna typu 750 / wheat flour of type 750; T-720 – mąka żytnia typu 720 / rye flour of type 720; Wartości średnie (n = 3) ± odchylenie standardowe / Mean values (n = 3) ± standard deviation; a, b, c – wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $p < 0,05$ / values in the columns denoted by the same letters do not differ statistically significantly at $p < 0.05$.

W tab. 2. podano właściwości technologiczne doświadczalnych produktów wypiekowych i ich kształtowanie pod wpływem udziału koncentratu serwatki kwasowej. Odnotowano wzrost wydajności ciasta i wydajności pieczywa ze wzrostem udziału koncentratu serwatki kwasowej. Największą statystycznie istotną wydajność ciasta oraz pieczywa stwierdzono w przypadku chleba typu baltonowskiego z 30 % dodatkiem koncentratu serwatki kwasowej. Wpływ koncentratu serwatkowego stwierdzono w produktach doświadczalnych, gdy analizowano stratę piecową tzw. upiek i uzyskano wyniki istotnie niższe w porównaniu z próbami kontrolnymi. Nie wystąpiły natomiast statystycznie istotne różnice pomiędzy upiekiem pieczywa z 20 a 30 % dodatkiem koncentratu serwatki kwasowej. Na skutek zwiększenia udziału koncentratu w pieczywie wyraźnie zmniejszała się objętość bochenków. Jednostkowa objętość chleba z obu sortymentów mąki pszennej była mniejsza o 22 - 46 cm^3, a chleba z mąki mieszanej odpowiednio o 7 i 12 cm^3 w przeliczeniu na 100 g pieczywa doświadczalnego w po-

równaniu z próbami kontrolnymi (tab. 2). Kenny i wsp. [10] wykazali zmniejszenie objętości chleba pszennego po włączeniu w jego skład komponentów mleka, m.in. koncentratów białek serwatkowych. Natomiast Erdogdu-Arnoczky i wsp. [5] nie obserwowali w swoich badaniach negatywnego wpływu 4 % dodatku preparatu serwatki kwasowej na objętość pieczywa.

Aby poznać możliwość włączenia koncentratu serwatkowego do struktury ciasta pszennego tworzonego przez kompleks glutenowy oraz porównać taką możliwość w cieście pszenno-żytnim, zawierającym obok glutenu zróżnicowane składniki strukturotwórcze (pentozany, substancje śluzowe, skrobie dwojakiego pochodzenia) postanowiono do chleba z mąk mieszanych nie wprowadzać fermentacji na zakwasie, ograniczając w ten sposób ilość zmiennych funkcjonujących w tym doświadczeniu. Analiza uzyskanych wyników może sugerować, że włączenie koncentratu serwatki kwasowej, zawierającego białka o wielkości cząstek pomiędzy $(6{,}5 - 20)\cdot 10^3$ Da oraz $(66 - 84)\cdot 10^3$ Da [25] z jednej strony powoduje efekt rozcieńczenia ilości białek pszennych tworzących strukturę glutenu poprzez kompleksy białko-białko, a z drugiej strony obniża wytrzymałość membran pęcherzyków bądź wywołuje ich porowatość tak, że stanowią one słabszą barierę dla wytworzonych gazów fermentacyjnych. Mniej intensywne oddziaływanie na strukturę wystąpiło w przypadku ciasta tworzonego przez dwa rodzaje mąki: pszenną w połączeniu z żytnią. Mając na uwadze fakt, że w takim chlebie za strukturę odpowiedzialne są, obok białek glutenowych takie składniki, jak: pentozany, substancje śluzowe oraz skrobie z obu źródeł botanicznych, stąd włączenie białek z innego źródła nie wywołało niekorzystnych zmian w strukturze ciasta. Tłumaczyć to można pojawieniem się interakcji pośredniczących podczas tworzenia struktury zbudowanej z wielorakich składników, a kwas mlekowy z koncentratu serwatki sprzyjał bezpośredniej fermentacji drożdżowej zastosowanej w chlebie mieszanym. Jednocześnie stwierdzono, że kompozycja składników w tzw. chlebie baltonowskim wzmogła sorpcję substancji rozpuszczalnych, powodując zwiększenie masy właściwej miękiszu (tab. 2).

Wyniki zawartości białka i składników mineralnych ogółem w doświadczalnych produktach wypiekowych przedstawiono w tab. 3. Stwierdzono, że w pieczywie z włączonym koncentratem serwatki kwasowej zwiększyła się ilość białka w odniesieniu do pieczywa kontrolnego. Największą zawartość białka spośród wypieków w omawianym doświadczeniu stwierdzono w pieczywie typu baltonowskiego. Włączenie koncentratu serwatkowego do ciasta chlebowego spowodowało także statystycznie istotne zwiększenie ilości składników mineralnych ogółem w pieczywie (tab. 3). Na zawartość białka oraz składniki mineralne ogółem wpływ miał zarówno udział koncentratu

T a b e l a 2

Charakterystyka właściwości technologicznych pieczywa pszennego i pszenno-żytniego z udziałem koncentratu serwatki kwasowej.
Characteristics of technological properties of wheat bread and wheat – rye bread containing acid-whey preparation.

Materiał badań Research Material	Wydajność ciasta Yield of dough [%]	Upiek Baking Loss [%]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Objętość pieczywa Volume of bread [cm^3/100g]	Masa właściwa miękiszu Specific weight of bread crumb [g/cm^3]
T-500 kontrolny/control	159,8 ± 0,1	7,3 ± 2,4bc	144,1 ± 1,1e	276,1 ± 3,3a	0,73 ± 0,01a
T-500 + 20 % SK	175,3 ± 0,5	5,0 ± 0,2de	161,6 ± 0,4d	253,8 ± 4,7bc	0,72 ± 0,02ab
T-500 + 30 % SK	186,0 ± 0,6	4,3 ± 0,4e	172,4 ± 0,4b	244,9 ± 1,6d	0,66 ± 0,03cd
T-750 kontrolny / control	160,2 ± 0,5	8,5 ± 0,8ab	141,8 ± 1,0f	261,0 ± 2,0b	0,70 ± 0,01ab
T-750 + 20 % SK	176,1 ± 1,0	5,3 ± 0,4de	162,0 ± 1,0d	237,0 ± 4,6e	0,69 ± 0,01bc
T-750 + 30 % SK	172,9 ± 0,9	4,0 ± 0,0e	162,0 ± 0,4d	214,5 ± 1,7f	0,70 ± 0,01ab
Baltonowski kontrolny / control	162,4 ± 1,1	8,8 ± 0,3a	142,9 ± 1,1ef	260,2 ± 3,0ab	0,62 ± 0,03d
Baltonowski + 20 % SK	182,2 ± 0,5	5,9 ± 1,0d	168,2 ± 1,2c	253,0 ± 8,3c	0,70 ± 0,03ab
Baltonowski + 30 % SK	191,8 ± 0,1	6,3 ± 0,7cd	178,2 ± 1,8a	247,6 ± 5,5bc	0,71 ± 0,04ab

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

serwatkowego w mieszance, jak i jego stężenie. Wyniki badań Ceglińskiej i wsp. [3] dowodzą, że dodatek składników mineralnych (2 - 4 %) otrzymanych po nanofiltracji serwatki oraz ich mieszanek z solą kuchenną nie miał istotnego wpływu na zawartość białka ogółem i tłuszczu w pieczywie pszennym, natomiast spowodował zwiększenie zawartości składników mineralnych (popiół ogółem).

T a b e l a 3

Charakterystyka chemiczna pieczywa pszennego i pszenno-żytniego z udziałem koncentratu serwatki kwasowej.
Chemical profile of wheat bread and wheat – rye bread containing acid-whey preparation.

Materiał badań Research Material	Zawartość białka [% s.m.] Proteins content [% d.m.]	Zawartość popiołu [% s.m.] Ash content [% d.m.]
T- 500 kontrolny / control	13,84 ± 0,09c	1,04 ± 0,05g
T- 500 + 20 % SK	14,15 ± 0,12b	1,88 ± 0,03e
T-500 + 30 % SK	14,36 ± 0,44ab	2,24 ± 0,05c
T- 750 kontrolny / control	13,91 ± 0,18c	1,24 ± 0,04f
T-750 + 20 % SK	14,41 ± 0,16ab	2,08 ± 0,05d
T-750 + 30 % SK	14,67 ± 0,26ab	2,34 ± 0,02b
Baltonowski kontrolny / control	15,32 ± 0,03a	1,28 ± 0,04f
Baltonowski + 20 % SK	15,47 ± 0,02a	2,20 ± 0,11c
Baltonowski + 30 % SK	15,55 ± 0,13a	2,46 ± 0,04a

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

Podkreślić należy, że w wypiekach doświadczalnych wystąpiły znaczące zmiany wybarwienia skórki i miękiszu. Wartości parametrów barwy (L*, a*, b*) miękiszu i skórki pieczywa pszennego i pszenno-żytniego zarówno bez, jak i z udziałem koncentratu serwatki kwasowej przedstawiono w tab. 4. Analizując parametr L* stwierdzono, że włączenie do pieczywa przemysłowego koncentratu serwatki kwasowej spowodowało wyraźnie jaśniejszą barwę miękiszu (fot. 1) oraz wykazano pociemnienie (statystycznie istotne) skórki pieczywa doświadczalnego w porównaniu z próbami kontrolnymi. Wartości parametrów a* i b* próbek miękiszu pieczywa z koncentratem serwatkowym wzrosły statystycznie istotnie w porównaniu z wartościami uzyskanymi w pieczywie kontrolnym. Z kolei wartości parametru a* barwy skórki pieczywa z udziałem koncentratu serwatki kwasowej uległy statystycznie istotnemu zwiększeniu, zaś wartości parametru b* zmniejszeniu w porównaniu z próbami kontrolnymi.

Pieczywo pszenne oraz pszenno-żytnie bez i z dodatkiem koncentratu serwatkowego charakteryzowało się odmienną porowatością miękiszu (fot. 1). Odwzorowanie przekroju miękiszu badanych rodzajów pieczywa przedstawia obraz wypieczonego

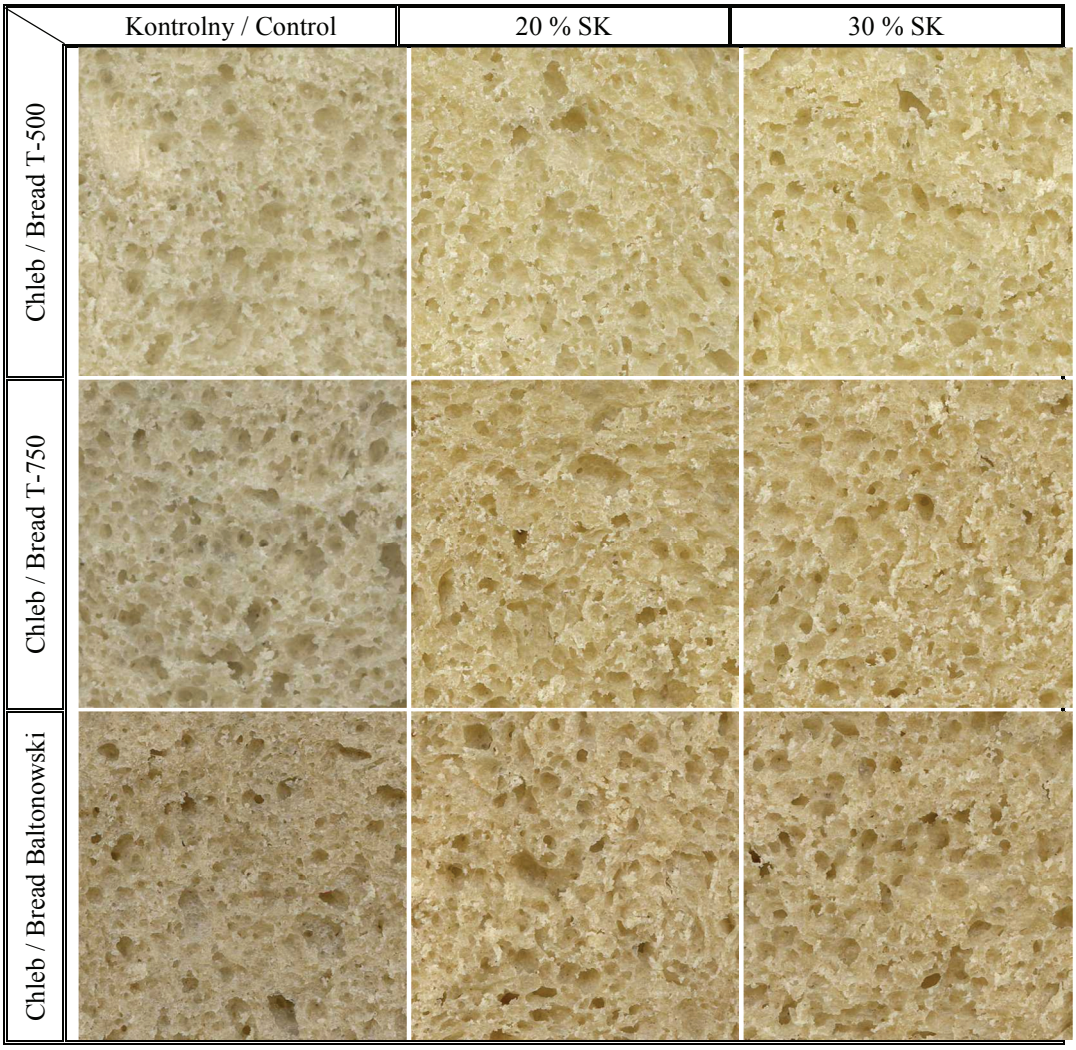
produktu z licznymi porami powietrznymi rozmieszczonymi dość nierównomiernie, wykazującymi różną wielkość i kształt. W chlebie pszennym zazwyczaj tworzą się większe pory niż w chlebie żytnim [8].

Tabela 4

Barwa miękiszu i skórki pieczywa pszennego i pszenno–żytniego z udziałem serwatki kwasowej
Colour of crumb and crust of wheat and wheat – rye breads containing acid–whey preparation

Materiał badań Research Material	L*	a*	b*
Miękisz / Crumb			
T-500 kontrolny / control	69,73 ± 1,64c	1,29 ± 0,13i	21,28 ± 0,58e
T-500 + 20 % SK	70,52 ± 0,95b	2,03 ± 0,23h	23,45 ± 0,44d
T-500 + 30 % SK	71,14 ± 0,89a	2,29 ± 0,08g	24,43 ± 0,74ab
T-750 kontrolny / control	64,93 ± 0,87e	2,73 ± 0,11f	20,95 ± 0,49f
T-750 + 20 % SK	65,16 ± 1,18e	3,47 ± 0,21e	24,52 ± 0,45a
T-750 + 30 % SK	66,99 ± 1,39d	3,59 ± 0,16d	24,21 ± 0,44b
Baltonowski kontrolny / control	59,42 ± 0,88h	3,97 ± 0,13c	19,89 ± 0,37g
Baltonowski + 20 % SK	61,23 ± 1,30g	4,56 ± 0,16a	23,64 ± 0,45cd
Baltonowski + 30 % SK	62,16 ± 1,21f	4,48 ± 0,13b	23,73 ± 0,57c
Skórka / Crust			
T-500 kontrolny / control	67,16 ± 3,88a	9,89 ± 1,32f	33,39 ± 1,14a
T-500 + 20 % SK	38,62 ± 2,06d	18,22 ± 1,52a	22,71 ± 3,10c
T-500 + 30 % SK	34,81 ± 1,82e	17,11 ± 1,29b	18,07 ± 2,58d
T-750 kontrolny / control	63,85 ± 1,51b	11,69 ± 0,59e	32,94 ± 0,54a
T-750 + 20 % SK	33,16 ± 2,07f	14,30 ± 1,76cd	14,72 ± 2,86e
T-750 + 30 % SK	38,84 ± 4,53d	18,09 ± 1,99a	22,82 ± 5,82c
Baltonowski kontrolny / control	57,10 ± 1,35c	9,71 ± 0,67f	29,35 ± 1,04b
Baltonowski + 20 % SK	33,08 ± 2,48f	14,76 ± 2,04c	15,86 ± 3,49e
Baltonowski + 30 % SK	32,62 ± 5,59f	13,88 ± 3,24d	15,32 ± 6,23e

Wartości średnie (n = 10) ± odchylenie standardowe / Mean values (n = 10) ± standard deviation
Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.



Fot. 1. Obraz miękiszu chleba pszennego i pszenno-żytniego z 20 lub 30 % udziałem koncentratu serwatki kwasowej (SK)

Phot. 1. Image of crumb of wheat and wheat – rye bread containing 20 % or 30 % of acid-whey preparation (SK)

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

Wnioski

1. Analizowany przemysłowy koncentrat serwatki kwasowej jest bogatym źródłem białka, laktozy i składników mineralnych ogółem, a jako komponent ciasta w tech-

nologicznym procesie wypieku powoduje istotne zwiększenie wydajności zarówno ciasta, jak i pieczywa.
2. Koncentrat serwatki kwasowej w składzie ciasta powoduje statystycznie istotne zmniejszenie objętości bochenków, wywołuje rozjaśnienie barwy miękiszu i jednocześnie sprzyja bardziej intensywnemu wybarwieniu skórki.
3. W produktach wypieczonych z udziałem przemysłowego koncentratu serwatki kwasowej stwierdzono statystycznie istotne zwiększenie zawartości składników odżywczych: białka i składników mineralnych.

Badania były współfinansowane z projektu rozwojowego N R12 0086 06/2009 z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

[1] AOAC. Official Methods of Analysis, 15th ed., 1990, Arlington, Virginia, USA.
[2] Bednarski W.: Zagospodarowanie produktów ubocznych. W: Mleczarstwo – zagadnienia wybrane. Red. S. Ziajka. Wyd. ART Olsztyn, 1997, ss. 319-344.
[3] Ceglińska A., Pluta A., Skrzypek J., Krawczyk P.: Badania nad zastosowaniem do produkcji pieczywa składników mineralnych otrzymanych po nanofiltracji serwatki. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **6 (55),** 234-241.
[4] de Wit J. N.: Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. J. Dairy Sci., 1998, **81**, 597-608.
[5] Erdogdu-Arnoczky N., Czuchajowska Z., Pomeranz Y.: Functionality of whey and casein in fermentation and in breadbaking by fixed and optimized procedures. Cereal Chem., 1996, **73 (3)**, 309-316.
[6] Fox P.F., Gainee T.P., Cogan T.M., McSweeney P.L. H.: Chemistry of milk constituents. In: Fundamentals of Cheese Science. MD: Aspen Publishers, Gaithersburg 2000, pp. 19-44.
[7] Glibowski P.: Zastosowanie białek serwatkowych w przemyśle spożywczym. Przegl. Mlecz., 2004, **9,** 10-13.
[8] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1983.
[9] Jelen P.: Whey processing: utilization and products. In: Encyclopedia of Dairy Sciences. H. Roginski, J.W.Fuquay, P.F. Fox Eds. Academic Press, New York 2003, pp. 2739-2745.
[10] Kenny S., Wehrle K., Stanton C., Arendt E.K.: Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. Eur. Food Res. Technol., 2000, **210**, 391-396.
[11] Kosikowski F.V.: Whey utilization and whey products. J. Dairy Sci., 1979, **62**, 1149-1160.
[12] Mannie E., Asp E.H.: Dairy ingredients for bread baking. Cereal Food World, 1999, **44 (3)**, 143-146.
[13] Morens C., Bos C., Pueyo M.E., Benamouzig R., Gausseres N., Luengo C., Tome D., Gaudichon C.: Increasing habitual protein intake accentuates differences in postprandial dietary nitrogen utilization between protein sources in humans. J. Nutr., 2003, **133**, 2733-2740.
[14] Pal S., Ellis V., Ho S.: Acute effects of whey protein isolate on cardiovascular risk factors in overweight, post-menopausal women. Atherosclerosis, 2010, **212**, 339-344.
[15] PN-A-74022:2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
[16] PN-A-74032:2002. Przetwory zbożowe. Mąka żytnia.
[17] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
[18] PN-A-86364:1996. Mleko i przetwory mleczne. Serwatka. Metody badań.

[19] PN-EN ISO 10520:2002. Skrobia naturalna. Oznaczanie zawartości skrobi. Metoda polarymetryczna Ewersa.
[20] PN-EN ISO 21415-1:2007. Pszenica i mąka pszenna. Zawartość glutenu. Część 1: Oznaczanie ilości glutenu mokrego metodą ręcznego wymywania.
[21] PN-EN ISO 712:2009. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności. Metoda odwoławcza.
[22] PN-ISO 2171:1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie popiołu całkowitego.
[23] Román A., Wang J., Csanadi J., Hodur C., Vatai G.: Partial demineralization and concentration of acid whey by nanofiltration combined with diafiltration. Desalination, 2009, **241 (1-3),** 288-295.
[24] Soral-Śmietana M., Wronkowska M., Śmietana Z.: Preparat składników mleka – funkcjonalny dodatek do produktów piekarskich. Bromat. Chem. Toksykol. (supl), 2005, 429-432.
[25] Soral-Śmietana M., Wronkowska M., Zander L., Dajnowiec F., Banaszczyk P., Bączek N.: Ultra- and nanofiltration of acid-whey - changes in whey proteins profile. Proc. Euro Food Chem XVI "Translating food chemistry into health benefits", 6 – 8 lipca 2011, Gdańsk, s. 81
[26] Stahel N.: Dairy proteins for the cereal food industry: functions, selection, and usage. Cereal Food World, 1983, **28,** 453-455.
[27] Szczurek W.: Produkty przetwarzania serwatki i ich zastosowanie w paszy dla kurcząt brojlerów – aspekt żywieniowy i fizjologiczny. Wiad. Zootech., 2008, **XLVI (4),** 41-52.
[28] Śmietana Z., Soral-Śmietana M**.:** Milk components in whey preparations – characteristics and utilisation polish journal of food and nutrition sciences. Pol. J Food Sci., 2006, **15/56**, special issue, 237-241.
[29] Tunick M. H.: Whey protein production and utilization: a brief history. In: Whey processing, functionality and health benefits. C.I. Onwulata, P.J. Huth Eds., Wiley Blackwell/IFT Press, USA 2008, pp. 1-13.
[30] Zapotoczny P., Markowski M., Majewska K., Ratajski A., Konopko H.: Effect of temperature on the physical, functional, and mechanical characteristics of hot-air puffed amaranth seeds. J. Food Eng., 2006, **76**, 469-476.

THE MOULDING OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY OF BREAD BY ADDING INDUSTRIALLY PRODUCED CONCENTRATE OF ACID-WHEY OBTAINED DURING THE MAKING OF COTTAGE CHEESE

S u m m a r y

The objective of the paper was to determine the effect of industrially produced concentrate of acid-whey (obtained during the making of cottage cheese) on technological properties and quality of bread. Baking wheat products were made using a wheat flour of type 500 or 750, whereas wheat-rye breads (known as the Baltonowski bread) were made from mixed wheat and rye flours: wheat flour of type 750 and rye flour of type 720. In the phase of making dough for bread, a spray-dried acid-whey concentrate was added into it in the amount of 20 or 30%. A significant increase in the dough and bread yield was found to be the effect of the acid-whey addition. Compared to control samples, the experimental bread loaves showed a decrease in their unit volume. Owing to the content of acid-whey concentrate in the breads, the colour of their crumbs was evidently brighter, and the crust colouration was more intense. In the experimental breads, statistically significant increases in the content of nutritive components, proteins, and total mineral components were reported.

Key words: acid-whey concentrate, wheat flour, rye flour, bread

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 68 – 76

PATRYCJA KOMOLKA, DANUTA GÓRECKA

WPŁYW OBRÓBKI TERMICZNEJ WARZYW KAPUSTNYCH NA ZAWARTOŚĆ BŁONNIKA POKARMOWEGO

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

Błonnik zawarty w surowcach roślinnych może ulegać zmianom podczas różnorodnych zabiegów technologicznych, jak i kulinarnych. Celem pracy było określenie wpływu sposobu obróbki termicznej, tj. gotowania w wodzie i parze, na zawartość błonnika pokarmowego w warzywach kapustnych. Materiał badany stanowiły: kapusta biała odmiany Cilion, kapusta czerwona odmiany Lektro i kapusta włoska odmiany Fiona. W surowcach oznaczono zawartość całkowitego błonnika pokarmowego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) metodą Aspa.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że obróbka cieplna warzyw kapustnych ma wpływ na zawartość błonnika pokarmowego. Warzywa gotowane w wodzie charakteryzowały się istotnie większą zawartością błonnika pokarmowego niż gotowane w parze.

Słowa kluczowe: warzywa kapustne, błonnik pokarmowy, obróbka termiczna

Wprowadzenie

Błonnik pokarmowy nie stanowi zdefiniowanego chemicznie związku lub jednolitej grupy związków, ale jest kompleksem heterogennych substancji. Pojęcie to ulegało ciągłym modyfikacjom. Według definicji opracowanej przez American Association of Cereal Chemist (AACC) termin błonnik pokarmowy oznacza „jadalne części roślin, a także pochodne węglowodanów, odporne na trawienie i wchłanianie w jelicie cienkim człowieka oraz częściowo lub całkowicie fermentowane w jelicie grubym" [1]. Zgodnie z tą definicją błonnik obejmuje wszystkie nieskrobiowe polisacharydy, takie jak: celuloza, hemicelulozy, pektyny, modyfikowana celuloza, polifruktany (inulina i oligofruktany), niestrawne dekstryny, polidekstrozę, metylocelulozę i hydroksypropylometylocelulozę, skrobię oporną, gumy, śluzy. Do błonnika zaliczana jest także lignina i substancje związane z nieskrobiowymi polisacharydami i ligniną (woski, kutyny, fityniany, saponiny, taniny i suberyny) oraz substancje występujące w świecie zwie-

Mgr inż. P. Komolka, dr hab. D. Górecka, prof. nadzw., Katedra Technologii Żywienia Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

rzęcym, takie jak chityna [4, 8, 14, 16, 21]. Biorąc pod uwagę znaczenie żywieniowe, jak również rozpuszczalność błonnika w wodzie, wyróżnia się: błonnik rozpuszczalny w wodzie (SDF), w skład którego wchodzą: β-glukany, pektyny, śluzy, gumy i niektóre hemicelulozy, oraz błonnik nierozpuszczalny w wodzie, do którego zalicza się: celulozę, niektóre hemicelulozy i ligninę.

Błonnik pokarmowy wpływa wielokierunkowo na funkcjonowanie przewodu pokarmowego. Frakcja rozpuszczalna pęcznieje w żołądku, spowalnia wchłanianie glukozy do krwi i wpływa na poziom cholesterolu, podczas gdy frakcja nierozpuszczalna, przechodząc przez jelita w formie niestrawionej, przyspiesza pasaż treści pokarmowej oraz zwiększa objętość i masę kału [5, 6, 10, 17, 20]. Błonnik pokarmowy działa również korzystnie w profilaktyce i dietoterapii otyłości, ponieważ powoduje dłuższe utrzymanie uczucia sytości, zapobiegając jednocześnie szybkiemu odczuciu głodu, co może mieć istotny wpływ w leczeniu otyłości [14]. Z uwagi na korzystne oddziaływanie błonnika pokarmowego na organizm człowieka, spożywanie go w ilości 27 - 40 g dziennie chroni organizm przed rozwojem niektórych chorób cywilizacyjnych [14].

Głównym źródłem błonnika pokarmowego w diecie są produkty zbożowe, dostarczające około 60 % tego składnika, a także owoce i warzywa oraz nasiona roślin strączkowych. Oddziaływanie błonnika pokarmowego w organizmie człowieka wiąże się nie tylko z ilością błonnika w diecie, ale również z jego składem frakcyjnym, który może się zmieniać zależnie od gatunku rośliny, stopnia dojrzałości, części anatomicznej surowca oraz zastosowanego procesu technologicznego [9, 11, 12, 13, 19, 22].

Podczas przetwarzania żywności, w tym obróbki wstępnej oraz termicznej owoców i warzyw, na przykład warzyw kapustnych, zachodzą zmiany nie tylko cech sensorycznych, ale również zmiany zawartości błonnika pokarmowego i jego właściwości funkcjonalnych [7, 11].

Dlatego celem niniejszej pracy było określenie wpływu obróbki termicznej na zawartość błonnika pokarmowego w warzywach kapustnych.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły warzywa z rodziny kapustnych: kapusta biała odmiany Cilion, kapusta czerwona odmiany Lektro i kapusta włoska odmiany Fiona. Kapustę poddawano obróbce wstępnej, usuwając liście zewnętrzne, myjąc i szatkując surowiec. Badaniom poddawano kapusty całe i ich części morfologiczne, tj. liście i głąby kapuściane. Stosowano następujące metody obróbki cieplnej: gotowanie w wodzie i gotowanie w parze wodnej.

Podczas gotowania surowców w wodzie uwzględniano zalecany stosunek produktu do wody wynoszący 2 : 1 (v/v). Kapusta była całkowicie przykryta wodą. Proces obróbki cieplnej rozpoczynano od wrzącej wody. Obróbkę cieplną prowadzono w temp. 100 °C przez 17 min, do momentu uzyskania pełnej miękkości. Gotowanie

w parze prowadzono w piecu konwekcyjnym, typ Rational Combi-Steamer CCC, w strumieniu pary o temp. 100 °C przez 13 min, również do uzyskania pełnej miękkości. Produkt suszono w liofilizatorze, typ Alpha 1-4 LSC, a następnie rozdrabniano w młynku nożowym, typ Grindomix GM 200.

W liofilizacie oznaczano zawartość całkowitego błonnika pokarmowego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) metodą opisaną przez Aspa i wsp. [3]. Jest to enzymatyczno-grawimetryczna metoda, polegająca na trawieniu próbki *in vitro* enzymami, a następnie zważeniu niestrawionej pozostałości. Metoda ta obejmuje następujące etapy:

- piętnastominutową żelatynizację w obecności α-amylazy, rozkładającej skrobię i glikogen,
- godzinną inkubację z pepsyną w kwaśnym środowisku, trawiącą białka,
- godzinną inkubację z pankreatyną w środowisku obojętnym, trawiącą białka, cukry i tłuszcze.

W pierwszej kolejności, na skutek przesączenia, izoluje się błonnik nierozpuszczalny, natomiast błonnik rozpuszczalny przechodzi do filtratu. Wytrąca się go z filtratu przez dodanie czterech objętości alkoholu etylowego i kolejną filtrację.

Wyniki zawartości błonnika pokarmowego przeliczano na suchą masę (s.m.) i wyrażono w % s.m.

Wyniki oznaczeń stanowią średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń. W celu obiektywizacji wnioskowania uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji przy zastosowaniu testu Scheffego. Za statystycznie istotne uznawano zależności na poziomie istotności $p < 0,05$. Istotne różnice międzygrupowe zaznaczono w tabelach odmiennymi inskrypcjami literowymi.

Wyniki i dyskusja

W warunkach przeprowadzonych doświadczeń na zawartość błonnika pokarmowego miał wpływ zarówno rodzaj produktu, jak i rodzaj zastosowanej obróbki termicznej (tab. 1). Największą zawartością błonnika pokarmowego (TDF) cechowała się kapusta włoska (37,34 % s.m.), a następnie kapusta czerwona (29,46 % s.m.), najmniejszą zaś kapusta biała (26,74 % s.m.). W badanych surowcach przeważała frakcja nierozpuszczalna, której zawartość wahała się od 21,15 % (kapusta biała) do 29,34 % (kapusta włoska). Najmniej frakcji rozpuszczalnej zawierała kapusta czerwona (4,31 %) i biała (5,59 %) – brak statystycznie istotnych różnic. Z danych tych wynika, że najbogatszym źródłem błonnika pokarmowego wśród odmian botanicznych kapusty warzywnej jest kapusta włoska, co znajduje swoje odzwierciedlenie w tabelach wartości odżywczych produktów spożywczych.

T a b e l a 1

Zawartość błonnika pokarmowego – w zależności od rodzaju kapusty [% s.m.]
Content of dietary fibre depending on cabbage cultivar [% d.m.]

Rodzaj kapusty Cabbage cultivar	Błonnik nierozpuszczalny Insoluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik rozpuszczalny Soluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik całkowity Total dietary fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)
Kapusta włoska Savoy cabbage	29,34 ± 1,03 [c]	8,00 ± 1,52 [b]	37,34 ± 2,44 [c]
Kapusta biała White cabbage	21,15 ± 0,68 [a]	5,59 ± 0,76 [a]	26,74 ± 0,08 [a]
Kapusta czerwona Red cabbage	25,16 ± 0,26 [b]	4,31 ± 0,78 [a]	29,46 ± 0,52 [b]

Objaśnienia:/Explanatory notes:
$\bar{x}$ – wartość średnia z trzech pomiarów / mean value of three measurements; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in the same columns and denoted by different letters vary statistically significantly among themselves at $p < 0.05$.

Biorąc pod uwagę rodzaj obróbki cieplnej, największą zawartością błonnika pokarmowego charakteryzowały się wszystkie badane surowce roślinne po procesie gotowania w wodzie (tab. 2). Może się to wiązać z przejściem składników rozpuszczalnych do wody i zmianą proporcji poszczególnych składników w badanych surowcach. Zawartość błonnika całkowitego oraz frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej, po obróbce cieplnej w wodzie, niezależnie od rodzaju warzywa, wzrosła istotnie o około 55 - 70 % w porównaniu z surowcem świeżym. Natomiast obróbka cieplna w parze zmniejszyła w istotny sposób zawartość tego składnika o 10 - 30 % w porównaniu z kapustą surową. Obróbka cieplna warzyw w wodzie i w parze spowodowała także zmianę zawartości poszczególnych frakcji. Największe różnice dotyczyły zawartości frakcji rozpuszczalnej. Obróbka cieplna w wodzie i w parze spowodowała wzrost zawartości tej frakcji. Jedynie w przypadku kapusty włoskiej zawartość błonnika rozpuszczalnego po obróbce cieplnej w parze była istotnie mniejsza w porównaniu z surową kapustą. Otrzymane wyniki wskazują na duże zróżnicowanie w zakresie procentowego udziału poszczególnych frakcji w błonniku pokarmowym surowych warzyw oraz gotowanych w wodzie i parze. Przeprowadzone badania potwierdziły, że podczas procesów cieplnych zachodzą zmiany ilościowe i jakościowe w poszczególnych frakcjach błonnika pokarmowego wszystkich badanych surowców. W błonniku kapusty białej surowej prawie 79 % stanowiła frakcja IDF, podczas gdy w błonniku kapusty po obróbce cieplnej w wodzie i parze udział tej frakcji był mniejszy, odpowiednio wynosił

77,5 i 71,0 %. Podobną tendencję stwierdzono w przypadku kapusty czerwonej i włoskiej. W innych badaniach [11] stwierdzono również, że obróbka termiczna ma istotny wpływ na zawartość włókna pokarmowego, z tym, że kierunek tych zmian był zbieżny z uzyskanymi w niniejszej pracy wynikami w przypadku gotowania w wodzie, natomiast w przypadku gotowania w środowisku pary był odmienny. Podczas obróbki termicznej tekstura warzyw ulega zmianie, co spowodowane jest przede wszystkim zmianami zachodzącymi w pektynach. W efekcie tego pektyny, wchodzące w skład błonnika rozpuszczalnego, ulegają wypłukaniu w trakcie gotowania [2, 15], co wpływa na zawartość włókna w gotowanym surowcu. Przyrost zawartości błonnika pokarmowego można tłumaczyć również wyługowaniem rozpuszczalnych składników do roztworu, co spowodowało zmianę zawartości tych składników w badanych surowcach.

Mathee i Appledorf [18] zaobserwowali także przyrost frakcji błonnika nierozpuszczalnego w kapuście poddanej gotowaniu. Twierdzą, że jest to związane ze wzrastającą z czasem ogrzewania zawartością celulozy, zaliczanej do błonnika nierozpuszczalnego. Według hipotezy przedstawionej przez Andersona i Clydesdale'a [2], proces ogrzewania wpływa przede wszystkim na substancje pektynowe, które na początku ulegają rozpuszczeniu, a w dalszym etapie zniszczeniu.

Zawartość błonnika pokarmowego w zależności od części anatomicznej rośliny przedstawiono w tab. 3. i 4. Istotne różnice całkowitej zawartości błonnika pokarmowego w poszczególnych częściach anatomicznych stwierdzono jedynie w przypadku kapusty czerwonej. W obu kapustach, tj. białej i czerwonej, zaobserwowano zróżnicowane zawartości poszczególnych frakcji, na co wskazują również inni autorzy [9, 19]. Liście i głąb kapusty białej, gotowane w parze, zawierały istotnie więcej błonnika rozpuszczalnego, odpowiednio o około 32 i 63 % w stosunku do całej kapusty. Z kolei głąb kapusty czerwonej surowej cechował się większą zawartością tej frakcji o 45 % w stosunku do całej główki. Poszczególne części anatomiczne kapusty białej po obróbce cieplnej cechowały się większą zawartością frakcji nierozpuszczalnej. Nieznacznie odmienną tendencję stwierdzono w przypadku frakcji rozpuszczalnej. Obróbka cieplna w wodzie wpłynęła na zmniejszenie zawartości tej frakcji, niezależnie od rodzaju kapusty, podczas gdy obróbka cieplna w parze przyczyniła się do istotnie większej zawartości tej frakcji w liściach i głąbie w odniesieniu do kapusty całej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że obróbka termiczna warzyw kapustnych oraz części anatomiczne surowca wpływają statystycznie istotnie na zawartość błonnika pokarmowego.

T a b e l a 2

Zawartość błonnika pokarmowego w kapustach: białej, czerwonej i włoskiej w zależności od obróbki cieplnej [% s.m.].
Content of dietary fibre in cabbage cultivars: white, red, and Savoy depending on thermal treatment [% d.m.].

Rodzaj kapusty i procesu Cabbage cultivar and its treatment process type	Błonnik nierozpuszczalny Insoluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik rozpuszczalny Soluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik całkowity Total dietary fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)
Kapusta biała White cabbage			
surowa raw	21,15 ± 0,68 [b]	5,59 ± 0,76 [a]	26,74 ± 0,08 [b]
gotowana w wodzie cooked in water	33,26 ± 0,22 [c]	9,66 ± 0,45 [b]	42,91 ± 0,67 [c]
gotowana w parze steamed	17,02 ± 0,06 [a]	6,87 ± 0,74 [a]	23,89 ± 0,68 [a]
Kapusta czerwona Red cabbage			
surowa raw	25,16 ± 0,26 [b]	4,31 ± 0,78 [a]	29,46 ± 0,52 [a]
gotowana w wodzie cooked in water	34,67 ± 0,90 [c]	17,17 ± 0,25 [c]	51,84 ± 0,99 [b]
gotowana w parze steamed	21,52 ± 0,33 [a]	7,99 ± 0,09 [b]	29,51 ± 0,42 [a]
Kapusta włoska Savoy cabbage			
surowa raw	29,34 ± 1,03 [b]	8,00 ± 1,52 [b]	37,34 ± 2,44 [b]
gotowana w wodzie cooked in water	36,34 ± 2,42 [c]	15,40 ± 2,03 [c]	51,73 ± 1,30 [c]
gotowana w parze steamed	21,52 ± 0,79 [a]	6,99 ± 0,87 [a]	28,51 ± 1,66 [a]

Objaśnienia:/Explanatory notes:
$\bar{x}$ – wartość średnia z trzech pomiarów / mean value of three measurements; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; a, b, c – wartości średnie w kolumnach w każdej kategorii oznaczone różnymi literami różnią się od siebie statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in the same columns in each category and denoted by different letters vary statistically significantly among themselves at $p < 0.05$.

T a b e l a 3

Zawartość błonnika pokarmowego w kapuście białej w zależności od części anatomicznej rośliny i rodzaju zastosowanej obróbki cieplnej [% s.m.]
Content of dietary fibre in white cabbage depending on anatomical part of plant and type of thermal processing [% d.m.]

Rodzaj kapusty i część anatomiczna Cabbage cultivar and its anatomical part	Błonnik nierozpuszczalny Insoluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik rozpuszczalny Soluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik całkowity Total dietary fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)
Kapusta biała surowa / Raw white cabbage			
liście / leaves	23,10 ± 0,71 [a]	2,79 ± 0,79 [a]	25,88 ± 1,51 [a]
głąb /stump	22,38 ± 0,56 [a]	2,60 ± 0,05 [a]	24,98 ± 0,51 [a]
Kapusta biała gotowana w wodzie / White cabbage cooked in water			
liście / leaves	34,78 ± 0,02 [a]	8,16 ± 0,66 [a]	42,94 ± 0,68 [a]
głąb stump	36,38 ± 0,57 [b]	8,67 ± 0,36 [a]	45,05 ± 0,22 [a]
Kapusta biała gotowana w parze / White cabbage steamed			
liście / leaves	18,23 ± 1,24 [a]	9,07 ± 0,42 [a]	27,29 ± 0,82 [a]
głąb / stump	18,59 ± 2,24 [a]	11,18 ± 0,81 [b]	29,77 ± 2,28 [a]

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

T a b e l a 4

Zawartość błonnika pokarmowego w kapuście czerwonej w zależności od części anatomicznej rośliny i rodzaju zastosowanej obróbki cieplnej [% s.s.]
Content of dietary fibre in red cabbage depending on anatomical part of plant and type of thermal processing [% d.s.]

Część anatomiczna kapusty Anatomical part of cabbage	Błonnik nierozpuszczalny Insoluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik rozpuszczalny Soluble fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)	Błonnik całkowity Total dietary fibre ($\bar{x}$ ± s / SD)
Kapusta czerwona surowa / Raw red cabbage			
liście/ leaves	25,18 ± 1,01 [a]	4,82 ± 1,17 [a]	30,00 ± 0,30 [a]
głąb / stump	24,60 ± 0,39 [a]	6,26 ± 0,48 [a]	30,86 ± 0,09 [a]
Kapusta czerwona gotowana w wodzie / Red cabbage cooked in water			
liście / leaves	39,31 ± 0,12 [b]	16,73 ± 0,10 [b]	56,03 ± 0,22 [b]
głąb /stump	38,54 ± 1,89 [b]	11,79 ± 0,66 [a]	50,33 ± 2,54 [a]
Kapusta czerwona gotowana w parze / Red cabbage steamed			
liście / leaves	22,67 ± 0,08 [b]	12,85 ± 0,01 [b]	35,52 ± 0,09 [b]
głąb / stump	20,58 ± 0,09 [a]	9,19 ± 0,87 [a]	29,77 ± 0,96 [a]

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

Wnioski

1. Warzywa kapustne charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości błonnika pokarmowego oraz wzajemnych proporcji poszczególnych frakcji. Spośród przebadanych warzyw kapustnych najbogatszym źródłem błonnika pokarmowego była kapusta włoska.
2. Obróbka cieplna warzyw kapustnych wpłynęła w istotny sposób na zmianę zawartości błonnika pokarmowego. Kierunek tych zmian był uzależniony od rodzaju zastosowanej obróbki termicznej. Warzywa gotowane w wodzie charakteryzowały się istotnie większą zawartością błonnika pokarmowego niż gotowane w parze. Odnotowano zwiększony udział frakcji nierozpuszczalnej w kapustach po obróbce cieplnej w wodzie.
3. Istotne różnice pod względem zawartości błonnika pokarmowego w zależności od części anatomicznej zaobserwowano jedynie w przypadku kapusty czerwonej. Liście kapusty czerwonej charakteryzowały się większą zawartością błonnika w porównaniu z głąbem kapuścianym.

Literatura

[1] AACC Report: The definition of dietary fibre. CFW, 2001, **46 (3)**, 112-129.
[2] Anderson N.E., Clydesdale F.M.: Effect of processing on the dietary fibre content of wheat bran, pureed green beans, and carrots. J. Food Sci., 1980, **45**, 1533.
[3] Asp N-G., Johansson C-G., Hallmer H., Siljeström M.: Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fibre. J. Agr. Food Chem., 1983, **31 (3)**, 476-482.
[4] Bach Knudsen K.E.: The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. Anim. Feed Sci. Tech., 2001, **90**, 3-20.
[5] Bartnikowska E.: Wpływ włókna pokarmowego na metabolizm lipidów. Żyw. Człow. Metab., 1994, **21 (3)**, 269-285.
[6] Bartnikowska E.: Włókno pokarmowe w żywieniu człowieka. Cz. II. Przem. Spoż., 1997, **6**, 14-17.
[7] Chang M., Moris M.: Effect of heat treatment on chemical analysis of dietary fibre. J. Food. Sci., 1999, **55**, 1647-1675.
[8] DeVries J.W.: The definition of dietary fibre. ACC Report CFW, 2001, **46 (3)**, 112-129.
[9] Englyst H.N., Bingham S.A., Runswick S.A., Collinsom E., Cummings J.H.: Dietary fibre (non-starch polysaccharides) in fruit, vegetables and nuts. J. Hum. Nutr. Diet., 1988, **1 (4)**, 247-286.
[10] Ferguson L.R., Harris P.J.: The dietary fibre debate: more food for thought. Lancet, 2003, **361**, 1487-1488.
[11] Górecka D.: Zabiegi technologiczne jako czynniki determinujące właściwości funkcjonalne włókna pokarmowego. Rocz. AR w Poznaniu. Rozpr. nauk., 2004, **344**, ss. 1-79.
[12] Górecka D.: Wpływ sposobu obróbki termicznej warzyw i owoców na właściwości funkcjonalne błonnika pokarmowego. Bromat. Chem. Toksykol., 2008, **41 (3)**, 575-584.
[13] Górecka D., Dziedzic K., Sell S.: Wpływ zabiegów technologicznych stosowanych podczas produkcji kaszy gryczanej na zawartość błonnika pokarmowego. NPT, 2010, **4 (2)**, 1-9.
[14] Hasik J., Dobrzańska A., Bartnikowska E.: Rola włókna roślinnego w żywieniu człowieka. Wyd. SGGW, Warszawa 1997.

[15] Hughes J.C., Grant A., Faulkes R.M.: Texture of cooked potatoes: the effect of ions and pH on the compressive strength of cooked potatoes. J. Sci. Food Agric., 1975, **26**, 739-748.
[16] Jones J.: Update on defining dietary fibre. CFW, 2000, **45 (5)**, 219-220.
[17] Marlett J.A., McBurney M.I., Slavin J.L.: Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fibre. J. Am. Diet. Assoc., 1997, **97**, 1157.
[18] Mathee Y., Appledorf A.: Effect of cooking on vegetable fibre. J. Food Sci., 1978, **43**, 1344.
[19] Mc Dougall G.J., Morrison I.M., Stewart D., Hillman J.R.: Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. J. Sci. Food Agric., 1996, **70**, 133-150.
[20] Topping D.L.: Soluble fibre polysaccharides: Effects of plasma cholesterol and colonic fermentation. Nutr. Rev., 1991, **49**, 195-203.
[21] Vahouny G. V., Kritchevsky D.: Dietary fibre in health and disease. Ed. Plenum Press, New York 1982.
[22] Wołoch R., Pisulewski P.M.: Wpływ procesów technologicznych na zmiany zawartości włókna pokarmowego i frakcji β-glukanów w ziarnie nieoplewionych i oplewionych form jęczmienia i owsa. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2002, **3 (32) Supl.**, 207-212.

EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON DIETARY FIBRE CONTENT IN BRASSICA VEGETABLES

S u m m a r y

Fibre contained in vegetal raw materials can change during various technological treatments including cooking. The objective of this study was to determine the impact of thermal treatment method, i.e. cooking in water and steaming, on the content of dietary fibre in brassica vegetables. The material analyzed included: white cabbage of the *Cilion* cultivar, red cabbage of the *Lektro* cultivar, and Savoy cabbage of the *Fiona* cultivar. In those raw materials, determined were the contents of total dietary fibre (TDF) and of soluble (SDF) and insoluble (IDF) fractions using an Asp'a method.

Based on the obtained results, it was found that the thermal treatment of brassica vegetables impacted the content of dietary fibre therein. Vegetables cooked in water were characterized by a significantly higher content of dietary fibre compared to steamed vegetables.

Key words: brassica vegetables, dietary fibre, heat treatment

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 77 – 87

MARTA ZALEWSKA-KORONA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ

OCENA PRZYDATNOŚCI DO PRZETWÓRSTWA OWOCÓW WYBRANYCH ODMIAN POMIDORA GRUNTOWEGO

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

Celem badań była ocena przydatności do przetwórstwa owoców siedemnastu odmian pomidora gruntowego. Analizowano najważniejsze z punktu widzenia przetwórstwa parametry: twardość owoców, barwę, zawartość suchej masy, ekstraktu i cukrów ogółem oraz kwasowość i zawartość witaminy C. Analiza statystyczna wykazała, że owoce badanych odmian różnią się istotnie między sobą w odniesieniu do wszystkich ocenianych parametrów. Odmiany przeznaczone do przetwórstwa powinny charakteryzować się dużą twardością owoców, która jest bardzo istotnym parametrem w czasie transportu. Twardość w płaszczyźnie poziomej owoców była większa niż w pionowej. Największą twardość, w obu płaszczyznach, stwierdzono w owocach odmian Frodo i Sokal. Najkorzystniejszymi parametrami barwy charakteryzowała się odmiana Frodo, o owocach z największym udziałem barwy czerwonej i najlepszym jej nasyceniem. Owoce odmiany Etna charakteryzowały się największą zawartością suchej masy (powyżej 6 %), ekstraktu ogółem (powyżej 6 %) i cukrów (powyżej 3 %).

Słowa kluczowe: pomidory gruntowe, odmiany, przetwórstwo, skład chemiczny

Wprowadzenie

Pomidory są cennym źródłem antyoksydantów (karotenoidów, flawonoli, witaminy C, tokoferolu). Zawierają także witaminy: D, K oraz z grupy B [5, 10].

Karotenoidy są grupą bioaktywnych związków, które w roślinach pełnią między innymi funkcje obronne. Główny barwnik pomidorów – likopen jest odpowiedzialny za występowanie charakterystycznego czerwonego zabarwienia owoców. W dojrzałych pomidorach likopen stanowi 80 - 90 % wszystkich karotenoidów. Istnieje wiele badań wskazujących na zależność pomiędzy konsumpcją pomidorów oraz ich przetworów a zmniejszonym ryzykiem występowania chorób nowotworowych [6, 13, 28].

W Polsce najbardziej powszechna jest polowa uprawa pomidorów, podczas której otrzymuje się dużo owoców. Wielkość plonów oraz jakość w dużej mierze zależy od

Dr inż. M. Zalewska-Korona, dr inż. E. Jabłońska-Ryś, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul Akademicka 13, 20-950 Lublin

warunków pogodowych w czasie dojrzewania owoców, czyli od końca lipca do połowy września. Gdy pogoda jest dość chłodna, występuje dużo opadów, dojrzewanie pomidorów jest opóźnione oraz wydłużone w czasie. Niska temperatura i wysoka wilgotność powietrza wypływają niekorzystnie na plony, sprzyjając masowemu porażeniu owoców poprzez choroby [4, 29].

W przetwórstwie zużywa się od 40 do 60 % rocznej produkcji pomidorów gruntowych, czyli średnio około 150 tys. ton. Pozostałą część plonu przeznacza się do bezpośredniego spożycia oraz na eksport [4, 5, 26]. Skład chemiczny owoców pomidora jest uzależniony od fazy ich dojrzałości, terminu zbioru oraz warunków pogodowych w latach uprawy.

Jednym z najważniejszych czynników decydujących o jakości produktów przetworzonych jest odmiana pomidorów. Równie ważna jest dojrzałość owoców, miejsce i warunki uprawy, a także warunki procesu przetwórczego. Odmiany skierowane do przetwórstwa powinny mieć owoce intensywnie wybarwione, twarde, o dużej zawartości suchej masy. Twardość oraz barwa to cechy uwarunkowane genetycznie, jednak zależą również od panujących podczas uprawy warunków pogodowych i właściwego nawożenia roślin. Dzięki wysokiej twardości możliwy jest transport owoców luzem, są one odporne na zgniatanie. Takie owoce, mimo że ich smak różni się od typowego dla soczystych odmian deserowych, wpływają na zainteresowanie nimi konsumentów dzięki dużej jędrności zachowującej się nawet do kilku dni po zbiorze. Wśród odmian, które są zalecane do przetwórstwa znajdują się zarówno te o owocach kulistych, jak i podłużnych, różniące się pokrojem, a także siłą wzrostu. Do celów przemysłowych preferuje się odmiany karłowate o wysokim plonie. W Polsce, ze względu na ręczne zbiory, preferowane są odmiany przemysłowe o owocach większych [3, 27].

W kraju pomidory przetwarza się głównie na koncentrat pomidorowy, następnie sok, keczup i inne sosy, a także w niewielkich ilościach na konserwy, jako dodatek do potraw mięsnych, rybnych i warzywnych. Mrożone pomidory stanowią niewielki udział w puli mrożonek warzywnych. Biorąc pod uwagę zastosowanie przemysłowe pomidory podzielono na dwie grupy, tj. obierane, przeznaczone do konserwowania w całości oraz przeznaczone do produkcji koncentratu. Te pierwsze powinny być wysokiej jakości, o podłużnym kształcie, bez uszkodzeń mechanicznych. Natomiast pomidory przeznaczone do produkcji koncentratu nie muszą mieć określonego kształtu, mogą mieć niewielkie uszkodzenia mechaniczne. Zbiorów należy dokonać w momencie, kiedy owoce pomidora są właściwie wybarwione (niedopuszczalne są w przetwórstwie owoce zielone, niedojrzałe) i charakteryzują się odpowiednim wskaźnikiem wartości ekstraktu. Nie bez znaczenia jest też stosunek zawartości cukrów do kwasów organicznych. Pomidory o optymalnym stopniu dojrzałości charakteryzują się odpowiednią kwasowością, pożądaną przy produkcji koncentratu [1, 9, 12].

Celem pracy była ocena przydatności do przetwórstwa 17 odmian pomidora gruntowego.

Materiały i metody badań

Materiał badawczy stanowiło siedemnaście odmian pomidora gruntowego z hodowli PlantiCo Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze Zielonki Sp. z o.o. Owoce pochodziły z pól doświadczalnych firmy PlantiCo, ze zbiorów 2009 r. Owoce zbierano w fazie dojrzałości technologicznej. Średnią masę owocu handlowego w gramach obliczano, dzieląc masę plonu handlowego każdej z badanych odmian przez liczbę sztuk owoców. Do pozostałych analiz z frakcji plonu handlowego pobierano losowo próbę do badań w ilości co najmniej 3 kg.

Twardość, wyrażaną jako siła potrzebna do zagłębienia się trzpienia o średnicy 8 mm na głębokość 5 mm, mierzono za pomocą aparatu Instron w dwóch płaszczyznach: poziomej i pionowej [17]. Wynik jest średnią z 5 powtórzeń. Barwę pomidorów oznaczano stosując skalę CIE LAB za pomocą aparatu X-Rite 8200, analizy wykonano w 15 powtórzeniach. Analizowano następujące parametry: udział barwy czerwonej – a*, udział barwy żółtej – b*, jasność – L, intensywność – a*/b* oraz nasycenie – $\sqrt{a^2 + b^2}$ [11]. Suchą masę oznaczano metodą wagową [21], ekstrakt metodą refraktometryczną za pomocą refraktometru Digital Hand-held Refractometer DR201-95 [20], cukry ogółem metodą Lane-Eynona [23], kwasowość ogółem metodą miareczkowania w obecności wskaźnika [22], witaminę C metodą Tillmansa [24]. Analizy chemiczne wykonywano w 3 powtórzeniach.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie testem Tukey'a na poziomie istotności $p < 0,05$, przy użyciu programu Statistica 9.

Wyniki i dyskusja

Średnia masa owoców pomidora badanych odmian była zróżnicowana (tab. 1). Najmniejszą masą owoców charakteryzowała się odmiana Frodo (52,08 g), a największą odmiana Adonis (205,55 g). Rożek [26] podaje, że masa owoców wynosiła od 79,70 do 85,90 g, a w badaniach Obuchowicz i Kowalczyk [17] średnia masa owoców handlowych była istotnie zróżnicowana i wynosiła od 59 do 206 g. Wielkość owoców pomidora nie ma istotnego znaczenia w przetwórstwie, ale jest ważna przy przeprowadzanych najczęściej zbiorach ręcznych.

Wyniki dotyczące twardości owoców pomidora przedstawiono w tab. 1. Najmniejszą twardość owoców w płaszczyźnie pionowej wykazały odmiany Koneser (7,94 N) oraz Etna (8,20 N), a w płaszczyźnie poziomej Etna (10,10 N) i Maliniak (10,68 N). Owoce tych odmian mogą być bardziej podatne na uszkodzenia mechaniczne w czasie zbioru, transportu, czy oczekiwania na przerób, a więc – również bardziej narażone na zakażenia mikrobiologiczne. Największą twardość, w obu płaszczyznach,

zmierzono w owocach odmian Frodo (odpowiednio 21,51 N i 23,55 N) i Sokal (odpowiednio 19,03 N i 22,59 N). W badaniach przeprowadzonych przez Obuchowicz i Kowalczyk [17] twardość owoców pomidora w płaszczyźnie pionowej mieściła się w przedziale 12,09 - 20,22 N, a w poziomej od 12,61 do 25,33 N.

Tabela 1

Średnia masa oraz twardość w płaszczyźnie pionowej i poziomej owoców pomidora.
Mean weight and hardness of tomato fruits in vertical and horizontal direction.

Odmiana Cultivar	Masa owocu Fruit weight [g]	Twardość w pionie Hardness in vertical direction [N]	Twardość w poziomie Hardness in horizontal direction [N]
Adonis	205,55	$8,44^{a} \pm 1,02$	$11,54^{a,b,c} \pm 1,18$
Awizo	107,33	$12,81^{d} \pm 1,64$	$15,07^{c,d,e} \pm 1,08$
Babinicz	165,19	$13,00^{d} \pm 1,47$	$19,77^{f,g} \pm 2,35$
Batory	161,54	$10,08^{a,b,c} \pm 0,89$	$11,61^{a,b,c} \pm 0,45$
Bohun	146,92	$12,05^{c,d} \pm 1,58$	$13,24^{a,b,c,d,e} \pm 1,10$
Etna	129,09	$8,20^{a} \pm 0,72$	$10,10^{a} \pm 0,46$
Frodo	52,08	$21,51^{f} \pm 1,96$	$23,55^{h} \pm 2,51$
Golem	124,64	$11,46^{b,c,d} \pm 0,90$	$14,02^{b,c,d,e} \pm 1,12$
Hetman	97,31	$12,17^{c,d} \pm 0,90$	$15,68^{d,e} \pm 1,38$
Koneser	124,06	$7,94^{a} \pm 0,39$	$11,19^{a,b} \pm 0,58$
Krezus	120,59	$8,17^{a} \pm 0,90$	$16,55^{e,f} \pm 1,96$
Lubań	96,50	$11,22^{b,c,d} \pm 0,57$	$12,42^{a,b,c,d} \pm 1,20$
Maliniak	129,33	$9,20^{a,b} \pm 0,54$	$10,68^{a,b} \pm 0,63$
Rejtan	142,00	$10,08^{a,b,c} \pm 0,44$	$13,66^{a,b,c,d,e} \pm 1,09$
Ryton	121,00	$8,26^{a} \pm 0,76$	$13,47^{a,b,c,d,e} \pm 2,05$
Sokal	94,70	$19,03^{e} \pm 0,93$	$22,59^{g,h} \pm 1,86$
Wiola	139,33	$12,68^{d} \pm 0,87$	$22,01^{g,h} \pm 2,07$
$\bar{x}$	126,89	11,55	15,13

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

Wyniki dotyczące analizy barwy owoców pomidora przedstawiono w tab. 2. Udział barwy czerwonej świadczy o stopniu dojrzałości owoców. Badane odmiany różniły się statystycznie istotnie pod względem tego wskaźnika, przyjmując wartości

w granicach od 22,72 w owocach odmiany Maliniak do 34,01 w odmianie Frodo. Mendez i wsp. [16] uzyskali wartości parametru a* w granicach od 21,8 do 32,1, Rożek [26] od 26 - 35. Arias i wsp. [2] oznaczyli stopień wybarwienia pomidorów w różnym stadium dojrzałości. Udział barwy czerwonej w pomidorach o owocach jasno czerwonych wynosił 24,2 natomiast w owocach o intensywnej barwie średni udział tego parametru wynosił 26,4. Radzevicius i wsp. [25] w wyniku analizy 6 odmian pomidorów otrzymali średnią parametru a* na poziomie 24,18. Nieznacznie mniejszy udział barwy czerwonej oznaczyli Hernandez i wsp. [14], średnio w owocach pięciu odmian 23,12. Średnie udziały barwy czerwonej uzyskane w obu pracach są mniejsze od średniej w doświadczeniu własnym (27,40). Wartości wyższe podają natomiast Brand i wsp. [7] oraz Toor i Savage [30] – średnio odpowiednio 30,4 i 37,5.

Wysoki udział barwy żółtej może wskazywać na niedostateczną dojrzałość owoców bądź też ich nierównomierne wybarwienie. Średni udział żółtej barwy w badanych odmianach wynosił 23,86. Najmniejszym udziałem barwy żółtej odznaczała się odmiana Maliniak (14,53), największym natomiast odmiana Frodo (28,86). Podobny zakres wartości od 13,2 do 27,4 podają Mendez i wsp. [16]. Znacznie mniejsze zróżnicowanie parametru b* wśród badanych odmian wykazali Radzevicius i wsp. 17,8 – 22,5 [25]. W badaniach Hernandeza i wsp. [14] średni udział barwy żółtej pięciu odmian pomidorów był zbliżony do średniej w doświadczeniu własnym i wynosił 23,02. Najniższą wartość parametru b* zaobserwowali Yildiz i Baysal – 8,68 [32]. Znacznie wyższe wartości przedstawili Toor i Savage [30]. Średnia wartość parametru b* trzech odmian świeżych owoców pomidora wynosiła 30,9. Zbliżone wyniki otrzymała Rożek – od 28 do 32 [26] oraz Brand i wsp. – 27,37 [7].

Podczas dojrzewania pomidorów jasność barwy (L*), którą określa stosunek bieli do czerni, maleje. Jasność próbek poddanych badaniu wahała się od 37,23 w owocach odmiany Batory do 41,12 w owocach odmiany Adonis i średnio wynosiła 38,98. Zbliżone wyniki otrzymali Mendez i wsp. [16] - w granicach od 36,5 do 40,7 oraz Brand i wsp. [7] – średnio w badanych odmianach 40,87. Znacznie większe wartości parametru L* podają Toor i Savage (46,0 - 48,0) oraz Hernandez i wsp. – średnio z pięciu odmian 44,14 [14, 30]. W badaniu Leonardiego i wsp. udział barwy jasnej w pomidorach odmian sałatkowych wynosił 45,5, odmian podłużnych 49,4 zaś najciemniejsze okazały się owoce odmian „cherry" – 37,05 [15]. Niższą wartość parametru L* uzyskali Radzevicius i wsp., w granicach od 34,5 do 37,6 [25].

Pod względem intensywności barwy badane odmiany różniły się istotnie między sobą. Wartości wahały się od 1,01 w przypadku owoców odmiany Golem do 1,61 w owocach odmiany Adonis. Duże rozbieżności mogą być wynikiem nierównomiernego wybarwiena owoców, a także niejednolitego stopnia dojrzałości. Zbliżone wyniki uzyskali również inni autorzy. Toor i Savage [30] podają 1,22 jako średnią wartość tego parametru z trzech badanych odmian, Brandt i wsp. [7] – 1,115,

a Hernandez i wsp. [14] – 1,014. W badaniach Arias i wsp. [2] parametr ten wynosił w owocach intensywnie czerwonych twardych – 1,053, a intensywnie czerwonych miękkich – 1,111. Ci sami autorzy podają, że im większa jest intensywność barwy owoców, tym więcej zawierają one likopenu. Znacznie większą rozbieżność uzyskanych wyników w zakresie oznaczania intensywności barwy pomidorów podają Brand i wsp. [7] – od 0,4 do 1,4.

Średnia wartość nasycenia barwy pomidorów w badaniach własnych wynosiła 36,43. Im wyższa wartość parametru nasycenia tym lepsza czystość barwy. Największym nasyceniem barwy spośród badanych prób wyróżniała się odmiana Frodo (44,62), najmniejszym natomiast odmiana Maliniak (27,00). W dostępnej literaturze brak jest danych na temat oznaczania wartości tego parametru w owocach pomidora.

T a b e l a 2

Barwa owoców pomidora.
Colour of tomato fruits.

Odmiana Cultivar	a*	b*	L*	Intensywność Intensity	Nasycenie Saturation
Adonis	$26,58^{b,c,d} \pm 1,93$	$16,56^{a} \pm 1,18$	$41,12^{e} \pm 0,98$	$1,61^{d} \pm 0,16$	$31,35^{b} \pm 1,77$
Awizo	$29,50^{d,e,f} \pm 1,80$	$25,96^{d,e,f} \pm 1,60$	$39,46^{c,d,e} \pm 1,11$	$1,14^{a,b,c} \pm 0,07$	$39,31^{e,f} \pm 2,66$
Babinicz	$26,59^{b,c,d} \pm 2,22$	$26,38^{e,f,g} \pm 3,62$	$39,67^{c,d,e} \pm 2,66$	$1,03^{a} \pm 0,16$	$37,58^{d,e,f} \pm 2,79$
Batory	$25,43^{a,b,c} \pm 1,96$	$22,31^{b,c} \pm 2,23$	$37,23^{a} \pm 1,06$	$1,14^{a,b,c} \pm 0,04$	$33,84^{b,c} \pm 2,90$
Bohun	$26,95^{c,d,e} \pm 1,61$	$24,55^{c,d,e,f} \pm 2,44$	$37,94^{a,b,c} \pm 2,52$	$1,11^{a,b,c} \pm 0,08$	$36,48^{c,d,e} \pm 2,62$
Etna	$23,68^{a,b} \pm 2,29$	$20,72^{b} \pm 0,96$	$37,46^{a,b} \pm 0,98$	$1,14^{a,b,c} \pm 0,10$	$31,53^{b} \pm 2,01$
Frodo	$34,01^{g} \pm 1,65$	$28,86^{g} \pm 1,11$	$40,37^{d,e} \pm 0,69$	$1,18^{b,c} \pm 0,06$	$44,62^{g} \pm 1,69$
Golem	$25,66^{a,b,c} \pm 2,12$	$25,46^{d,e,f} \pm 1,43$	$39,27^{b,c,d,e} \pm 1,13$	$1,01^{a} \pm 0,09$	$36,18^{c,d,e} \pm 2,01$
Hetman	$30,02^{e,f} \pm 3,56$	$27,06^{f,g} \pm 3,09$	$39,66^{c,d,e} \pm 2,03$	$1,11^{a,b,c} \pm 0,11$	$40,46^{f} \pm 4,24$
Koneser	$28,99^{d,e,f} \pm 1,21$	$24,42^{c,d,e,f} \pm 1,42$	$39,00^{a,b,c,d} \pm 1,65$	$1,19^{b,c} \pm 0,05$	$37,91^{d,e,f} \pm 1,69$
Krezus	$27,15^{c,d,e} \pm 3,52$	$24,71^{c,d,e,f} \pm 2,40$	$38,71^{a,b,c,d} \pm 1,68$	$1,10^{a,b,c} \pm 0,13$	$36,77^{c,d,e} \pm 3,67$
Lubań	$25,36^{a,b,c} \pm 2,61$	$23,66^{c,d} \pm 1,77$	$38,18^{a,b,c} \pm 1,07$	$1,07^{a,b} \pm 0,08$	$34,71^{b,c,d} \pm 2,84$
Maliniak	$22,72^{a} \pm 2,14$	$14,53^{a} \pm 1,66$	$38,87^{a,b,c,d} \pm 1,12$	$1,57^{d} \pm 0,15$	$27,00^{a} \pm 2,40$
Rejtan	$26,49^{b,c,d} \pm 4,98$	$25,01^{c,d,e,f} \pm 2,61$	$39,15^{a,b,c,d} \pm 1,60$	$1,06^{a,b} \pm 0,17$	$36,54^{c,d,e} \pm 4,80$
Ryton	$26,92^{b,c,d,e} \pm 3,26$	$23,83^{c,d,e} \pm 2,10$	$38,21^{a,b,c} \pm 1,52$	$1,13^{a,b,c} \pm 0,10$	$35,98^{c,d,e} \pm 3,57$
Sokal	$31,61^{f,g} \pm 1,24$	$26,15^{d,e,f} \pm 1,41$	$39,44^{c,d,e} \pm 0,84$	$1,21^{c} \pm 0,06$	$41,03^{f,g} \pm 1,63$
Wiola	$28,21^{c,d,e} \pm 2,72$	$25,35^{d,e,f} \pm 3,11$	$39,00^{a,b,c,d} \pm 1,86$	$1,12^{a,b,c} \pm 0,05$	$37,94^{d,e,f} \pm 4,02$
Średnio/Mean	27,40	23,86	38,98	1,17	36,43

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

Pomidory przeznaczone do przetwórstwa powinny charakteryzować się dużym udziałem barwy czerwonej i nasyceniem. Kryteria te w największym stopniu spełniają owoce pomidorów odmian: Avizo, Frodo, Hetman i Sokal.

Wyniki dotyczące podstawowego składu chemicznego pomidorów przedstawiono w tab. 3.

Zawartość suchej masy decyduje o przydatności pomidorów do przetwórstwa. Im jest ona większa, tym owoce są lepszym surowcem do produkcji koncentratu, keczupu, soku i innych przetworów. W przeprowadzonych badaniach najmniejszą zawartość suchej masy stwierdzono w owocach odmiany Bohun (4,41 %), natomiast największą w owocach odmiany Etna (6,79 %). Podobne wyniki podają Winiarska i Kołota [31] oraz Rożek [26], w badaniach zawartość suchej masy kształtowała się odpowiednio na poziomie 5,22 - 6,42 % oraz 5,22 - 7,66 %. W badaniach przeprowadzonych przez Hallmann i Rembiałkowską [13] zawartość suchej masy była bardziej zróżnicowana i w zależności od odmiany wynosiła od 2,89 do 6,87 %. Dobromilska i Fawcett [8] w badaniach własnych otrzymały najwyższy poziom suchej masy (6,32 - 9,06 %).

Ekstrakt ogółem, jako parametr łatwy do zmierzenia w warunkach polowych, często służy do określenia terminu zbiorów owoców pomidora. W przeprowadzonych badaniach najmniejszą zawartością ekstraktu charakteryzowała się odmiana Bohun (3,80 %), natomiast największą Etna (6,55 %). Dobromilska i Fawcett [8] uzyskały znacznie większe zawartości ekstraktu, mieszczące się w przedziale 5,19 - 7,90 %, natomiast Rożek [27] określa tę wartość w granicach od 4,6 do 5,3 %.

Cukry w połączeniu z kwasami organicznymi mają decydujący wpływ na smak owoców pomidora i na jego przydatność do przetwórstwa. Z reguły im większa jest zawartość cukrów oraz kwasów organicznych, tym pomidory charakteryzują się lepszymi walorami smakowymi. Stosunek cukrów do kwasów, które występują w owocach, jest bardzo ważnym wskaźnikiem jakości owoców; im jest on większy, tym lepszej jakości są owoce oraz produkty z nich uzyskane. W przeprowadzonych badaniach najmniej cukrów ogółem zawierały owoce odmiany Wiola (2,16 %), natomiast największą Etna (3,61 %). W badaniach Winiarskiej i Kołoty [31] zawartość cukrów wahała się od 2,93 do 3,30 %, mniejszy zakres podają Obuchowicz i Kowalczyk [17] – od 2,05 do 2,65 %. Z kolei Hallmann i Rembiałkowska [13] wykazały, że badane przez nie linie hodowlane istotnie różniły się między sobą zawartością cukrów ogółem, która kształtowała się w granicach od 0,19 do 2,82 %.

Duża zawartość kwasów organicznych w owocach pomidora jest korzystna z punktu widzenia ich przetwórstwa, ponieważ wpływają one na trwałość pomidorów surowych, jak i przetworów pomidorowych. Spośród badanych odmian najniższą kwasowością charakteryzowały się owoce odmiany Batory (0,22 %), natomiast najwyższą odmiany Maliniak (0,48 %). W badaniach przeprowadzonych przez Hallmann i Rembiałkowską [13] kwasowość pomidorów z uprawy ekologicznej mieściła się w grani-

cach od 0,41 do 0,83 %, natomiast pomidorów z uprawy konwencjonalnej od 0,38 do 0,93 %. Obuchowicz i Kowalczyk [17] podają, że kwasowość badanych przez nich pomidorów wynosiła od 0,27 do 0,38 %, z kolei w badaniach Odriozola-Serrano i wsp. [18] kwasowość pomidorów wynosiła od 0,34 do 0,59 %.

Według Hallmann i Rembiałkowskiej [13] średnia zawartość witaminy C w zarejestrowanych odmianach wynosiła 6,77 mg/100 g. Z badań własnych wynika, że średnia zawartość witaminy C w owocach badanych odmian wynosiła 10,45 mg/100 g. Największą zawartość witaminy C stwierdzono w owocach odmiany Awizo (15,60 mg/100 g), a najmniejszą w owocach odmiany Golem (7,80 mg/100 g). Według badań przeprowadzonych przez Olubukola i wsp. [19] największą zawartością witaminy C charakteryzowały się odmiany Ife-1 (24,75 mg/100 g) oraz Roma-VF (22,5 mg/100 g). Odriozola-Serrano i wsp. [18] oceniając 6 odmian pomidora stwierdzili, że zawartość witaminy C wahała się od 6,96 do 21,23 mg/100 g.

Tabela 3

Zawartość wybranych składników chemicznych w owocach pomidora gruntowego.
Contents of selected chemical components in ground tomato fruits.

Odmiana Cultivar	Sucha masa Dry matter [%]	Ekstrakt ogółem Total extract [%]	Cukry ogółem Total sugars [%]	Kwasowość ogółem Total acidity [g/100 g]	Witamina C Vitamin C [mg/100g]
Adonis	6,41 ^{j} ± 0,06	5,25 ^{h} ± 0,02	3,32 ^{f,g,h} ± 0,05	0,42 ^{f} ± 0,01	10,40 ^{a,b} ± 0,00
Awizo	5,00 ^{b,c} ± 0,06	4,25 ^{f} ± 0,02	2,96 ^{e,f,g} ± 0,02	0,32 ^{b} ± 0,00	15,60 ^{d} ± 0,00
Babinicz	4,73 ^{b} ± 0,08	4,20 ^{e} ± 0,00	2,32 ^{a,b} ± 0,03	0,42 ^{f} ± 0,01	10,40 ^{a,b} ± 0,00
Batory	5,87 ^{g,h} ± 0,03	4,45 ^{g} ± 0,02	2,90 ^{d,e,f} ± 0,01	0,22 ^{a} ± 0,02	8,67 ^{a,b} ± 1,50
Bohun	4,41 ^{a} ± 0,12	3,80 ^{a} ± 0,00	2,21 ^{a} ± 0,01	0,35 ^{c,d} ± 0,01	10,40 ^{a,b} ± 0,00
Etna	6,79 ^{k} ± 0,09	6,55 ^{p} ± 0,01	3,61 ^{h} ± 0,04	0,35 ^{c} ± 0,01	11,27 ^{b,c} ± 1,50
Frodo	5,44 ^{d,e} ± 0,13	4,15 ^{d} ± 0,02	2,51 ^{a,b,c,d} ± 0,01	0,35 ^{c,d} ± 0,01	11,27 ^{b,c} ± 1,50
Golem	5,49 ^{d,e,f} ± 0,04	4,50 ^{h} ± 0,00	2,42 ^{a,b,c} ± 0,02	0,38 ^{e} ± 0,00	7,80 ^{a} ± 0,00
Hetman	5,66 ^{e,f,g} ± 0,04	4,95 ^{m} ± 0,02	2,35 ^{a,b} ± 0,01	0,32 ^{b} ± 0,01	9,53 ^{a,b} ± 1,50
Koneser	5,72 ^{f,g} ± 0,06	4,64 ^{i} ± 0,01	2,71 ^{b,c,d,e} ± 0,01	0,38 ^{e} ± 0,01	9,53 ^{a,b} ± 0,75
Krezus	6,24 ^{i,j} ± 0,12	4,80 ^{j} ± 0,00	2,83 ^{c,d,e} ± 0,03	0,38 ^{d,e} ± 0,01	9,53 ^{a,b} ± 0,75
Lubań	4,73 ^{b} ± 0,10	4,05 ^{b} ± 0,00	2,54 ^{a,b,c,d,e} ± 0,03	0,35 ^{c,d} ± 0,01	13,87 ^{c,d} ± 1,50
Maliniak	6,51 ^{j} ± 0,12	5,84 ^{o} ± 0,01	3,37 ^{g,h} ± 0,08	0,48 ^{g} ± 0,01	8,67 ^{a,b} ± 1,50
Rejtan	6,09 ^{h,i} ± 0,07	4,90 ^{l} ± 0,00	3,36 ^{g,h} ± 0,05	0,35 ^{c,d} ± 0,01	10,40 ^{a,b} ± 0,00
Ryton	5,23 ^{c,d} ± 0,04	4,10 ^{c} ± 0,00	2,50 ^{a,b,c,d} ± 0,01	0,32 ^{b} ± 0,01	10,40 ^{a,b} ± 0,00
Sokal	5,91 ^{g,h} ± 0,11	4,85 ^{k} ± 0,01	2,45 ^{a,b,c} ± 0,15	0,46 ^{g} ± 0,01	10,40 ^{a,b} ± 0,00
Wiola	5,46 ^{d,e,f} ± 0,10	4,65 ^{i} ± 0,00	2,16 ^{a} ± 0,07	0,38 ^{d,e} ± 0,02	9,53 ^{a,b} ± 1,50
Średnio/Mean	5,63	4,70	2,74	0,37	10,45

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

Wnioski

1. Badane odmiany różniły się statystycznie istotnie między sobą pod względem ocenianych parametrów fizycznych i chemicznych.
2. Średnia masa owoców pomidora badanych odmian była istotnie zróżnicowana. Przy zbiorach przeprowadzanych ręcznie jako preferowane można wskazać odmiany: Adonis, Babinicz oraz Batory o średniej masie owoców powyżej 150 g.
3. W owocach wszystkich analizowanych odmian twardość w płaszczyźnie pionowej była mniejsza niż w poziomej. Największą twardością, zarówno w pionie, jak i poziomie, charakteryzowały się odmiany Frodo i Sokal.
4. Wyniki badań wykazały duże zróżnicowanie pod względem barwy owoców. Najkorzystniejszymi parametrami charakteryzowały się owoce odmian: Avizo, Frodo, Hetman i Sokal o największym udziale barwy czerwonej i najlepszym jej nasyceniu.
5. Pod względem składu chemicznego polecaną do przetwórstwa jest odmiana Etna, w owocach której stwierdzono największą zawartość suchej masy, ekstraktu oraz cukrów ogółem.
6. Żadna z analizowanych odmian nie spełniała jednocześnie istotnych dla przetwórstwa kryteriów jakości pod względem parametrów fizycznych i chemicznych.

Literatura

[1] Arazuri S., Jarén C., Arana J.I., Perez de Ciriza J. J.: Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato. J. Food Engin., 2007, **80**, 190-198.
[2] Arias R., Lee T., Logendra L., Janes H.: Correlation of lycopene measured by HPLC with L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color lycopene content. J. Agric. Food Chem., 2000, **48**, 1697-1702.
[3] Babik I.: Odmiany pomidorów dla przemysłu. Hasło Ogr., 2000, **7**, 36-38.
[4] Babik I.: Dojrzewanie pomidorów uprawianych w polu można przyspieszyć. Owoce, Warzywa, Kwiaty, 2004, **16**, 26-27.
[5] Borowiak J.: Pomidory w polu. Hortpress, 2007, ss. 59-84.
[6] Bourn D., Prescott J.: A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2002, **42**, 1-34.
[7] Brandt S., Zoltan P., Barna E., Lugasi A., Helyes L.: Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. J. Sci. Food Agric., 2006, **86 (4)**, 568-572.
[8] Dobromilska R., Fawcett M.: The estimation of field and fruit quality of small sized tomato in the field cultivation. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ogrodn., 2000, **31 (1)**, 229-234.
[9] Elkner K., Krajewski A.. : Przetwórstwo pomidorów w Polsce. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 1999, **6**, 39-41.
[10] Fanasca S., Colla G., Maiani G., Venneria E., Rouphael Y., Azzini., Saccardo F.: Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. J. Agric. Food Chem., 2006, **54**, 4319-4325.
[11] Fraser B., Murphy Ch., Bunting F.: Real World Color Management. Publisher Pearson Education, Ed. II, 2006, pp. 145-170.

[12] Garcia E., Barrett D.: Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes, peelability and yield. J. Food Process. Preserv., 2006, **30**, 20-36.
[13] Hallmann E., Rembiałkowska E.: Estimation of fruit quality of selected tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum Mill.*) from organic and conventional cultivation with special consideration of bioactive compounds content. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2007, **52 (3)**, 55.
[14] Hernandez Suarez M., Rodriguez Rodriguez E.M., Diaz Romero C.: Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomatoes. Food Chem., 2007, **104**, 489-490.
[15] Leonardi C., Ambrosino P., Esposito E., Fogliano V.: Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typolopies of fresh consumption tomatoes. J. Agric. Food Chem., 2000, **48**, 4723-4727.
[16] Mendez I., Vera A.M., Chavez J.L., Carrillo J.C.: Quality of fruits in Mexican tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Landraces. Revista de la Facultad de Quimica Farmaceutica, 2011, **18 (1)**, 26-32.
[17] Obuchowicz A., Kowalczyk K.: Warunki uprawy a plon i jakość pomidorów. Hasło Ogr., 2006, **2**, 102-104.
[18] Odriozola-Serrano J., Soliva Fortuny R., Martin-Bellono O.: Effect of minimal processing on bioactive compounds and colour attributes of fresh-cut tomatoes. LWT Food Sci. Technol., 2008, **41**, 217-226.
[19] Olubukola A., Kehinde A.T., Akanbi C.T., Ajani R.: Physicochemical properties of four tomato cultivars grown in Nigeria. J. Food Process. Preserv., 2006, **30 (1)**, 79-86.
[20] PN-90/A75101/02. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i badań fizykochemicznych. Oznaczenie zawartości ekstraktu ogólnego.
[21] PN-90/A75101/03. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i badań fizykochemicznych. Oznaczenie zawartości suchej masy metodą wagową.
[22] PN-90/A75101/04. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i badań fizykochemicznych. Oznaczenie kwasowości ogólnej.
[23] PN-90/A75101/07. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i badań fizykochemicznych. Oznaczenie zawartości cukrów i ekstraktu bezcukrowego.
[24] PN-A-04019:1998. Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C.
[25] Radzevicius A., Viskelis P., Bobinas C.: Quality and physiological parameters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits of Lithuanian selection., Biologija, 2008, **54 (2)**, 108-111.
[26] Rożek E.: Czynniki i cechy kształtujące jakość owoców pomidora oraz ich przydatność do mrożenia. Rozpr. nauk. Wyd. AR w Lublinie, 2007, **319**.
[27] Rożek E.: Ocena przydatności kilku nowych odmian pomidora dla przemysłu. Mat. VIII Ogólnopol. Zjazdu Nauk. „Hodowla Roślin Ogrodniczych u progu XXI wieku", Lublin 1999, ss. 5-7.
[28] Shi J., Le Maguer M.: Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by ford processing. Crit. Rev. Biotechn., 2000, **20 (4)**, 293-334.
[29] Suszyna J.: Influence of extreme moisture conditions on fielding of tomato in field cultivation. Folia Hort., 2006, **2**, 181-185.
[30] Toor R.K., Savage G.P.: Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. Food Chem., 2006, **94**, 90-97.
[31] Winiarska S., Kołota E.: Porównanie plonowania i wartości odżywczej wybranych odmian pomidora w uprawie przy palikach w tunelu foliowym. Rocz. AR w Poznaniu., 2007, **383 (41**), 655-659.
[32] Yildiz H., Baysal T.: Color and lycopene content of tomato puree affected by electroplasmolysis. Int. J. Food Prop., 2007, **10**, 489-495.

EVALUATION OF PROCESSING USEFULNESS OF SELECTED FRUITS OF GROUND TOMATO CULTIVARS

S u m m a r y

The objective of the study was to evaluate the processing usefulness of fruits of seventeen ground tomato cultivars. Those parameters were determined, which were considered the most important for the fruit processing: hardness of fruits, colour, and contents of dry matter, extract, and total sugars, as well as acidity and vitamin C content. The statistical analysis revealed that all the analyzed parameters of fruits of the studied cultivars significantly differed from each other. The cultivars for processing should be characterized by high hardness of fruits as it is a very important parameter during the transportation. The hardness of fruits in the horizontal direction was higher than their hardness in the vertical direction. The highest hardness in the two directions was found in the fruits of the Frodo and Sokal cultivars. The most advantageous colour parameters were found in the Frodo cultivars; their fruits showed the predominating (the most intensive) red colour of the best saturation level. The fruits of the Etna cultivar were characterized by the highest content of dry matter (above 6 %), the highest content of total extract (above 6 %), and the highest content of sugars (above 3 %).

Key words: ground tomatoes, cultivars, processing, chemical composition

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 88 – 98

MILENA A. STACHELSKA, ANTONI JAKUBCZAK,
BOGUSŁAWA WIĘTCZAK, SYLWIA TYL

OCENA WRAŻLIWOŚCI *YERSINIA ENTEROCOLITICA* NA WYBRANE SOLE KWASÓW FENOLOWYCH

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

Celem pracy była ocena aktywności przeciwbakteryjnej soli kwasów fenolowych w stosunku do *Yersinia enterocolitica* ATCC 23715. *Y. enterocolitica* jest fakultatywnie beztlenową pałeczką Gram-ujemną i jest przyczyną zatruć pokarmowych u ludzi. Sole kwasów fenolowych mogą skutecznie eliminować patogeny z żywności. Wykazano, że sole kwasów fenolowych hamowały wzrost tego patogenu. Badaniami objęto sole litu, sodu i potasu kwasów *o*-kumarowego, *m*-kumarowego oraz *p*-kumarowego. Zastosowano wodne roztwory soli o następujących stężeniach [%]: 1, 2, 3, 4 i 5. Wykorzystano metodę dyfuzyjno-studzienkową. Wyniki badań wykazały, że *Y. enterocolitica* jest wrażliwa na sole kwasów *o*-kumarowego i *m*-kumarowego, natomiast nie stwierdzono wrażliwości na sole kwasu *p*-kumarowego. Sole kwasów fenolowych mogą być użyte do utrwalania żywności jako naturalne konserwanty chemiczne.

Słowa kluczowe: *Yersinia enterocolitica*, działanie przeciwbakteryjne, sole kwasów fenolowych

Wprowadzenie

Do przedłużania okresu trwałości produktów spożywczych stosuje się m.in. konserwanty chemiczne, w tym benzoesan sodu, benzoesan wapnia, sorbinian potasu, które mają na celu przedłużenie okresu przydatności do spożycia produktów spożywczych. Mają one właściwości przeciwbakteryjne i przeciwutleniające, ale niekiedy nie są obojętne dla organizmu człowieka. Wiadomo, że ulegają metabolizmowi w organizmie, jednak mogą powodować niepożądane reakcje pokarmowe po spożyciu określonego produktu lub jego składników. Istnieje zatem zapotrzebowanie konsumentów na żywność, która jest wolna od wszelkich dodatków, a skutecznie działające antyoksydanty powinny być pochodzenia naturalnego [1].

Dr inż. M.A. Stachelska, prof. dr hab. A. Jakubczak, inż. B. Więtczak, mgr inż. S. Tyl, Instytut Technologii Żywności, Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży, ul. Akademicka 14, 18-400 Łomża

Przedmiotem badań są interakcje związków biologicznie czynnych występujących w roślinach z różnymi mikroorganizmami. Ekstrakty roślinne wykazują właściwości hamowania wzrostu patogenów żywności, m.in. bakterii z rodzaju *Yersinia, Bacillus, Corynebacterium, Proteus, Staphylococcus, Enterococcus, Klebsiella, Micrococcus, Escherichia* i *Pseudomonas*, a także drożdży z rodzaju *Candida, Malassezia* i *Trichosporon* [3, 15]. Stąd alternatywą stosowania konserwantów chemicznych mogą być metody biokonserwacji żywności, zwiększające bezpieczeństwo produktów spożywczych. Właściwości przeciwutleniające wykazują aromatyczne hydroksykwasy: *o*-, *m*- i *p*-kumarowe, które są obecne w warzywach i owocach w różnych formach chemicznych, jako związki rozpuszczalne bądź nierozpuszczalne, a także związane z innymi cząsteczkami [13]. W roślinach istnieje grupa związków w postaci polifenoli, które skutecznie hamują powstawanie wolnych rodników i działają jako substancje hamujące wzrost mikroflory saprofitycznej i chorobotwórczej. Wolne rodniki, które mają niesparowany elektron, powstają na skutek oddziaływania promieniowania albo jako produkty uboczne procesów metabolicznych [16]. Z łatwością wchodzą w reakcję z różnymi składnikami komórki bakteryjnej, doprowadzając do jej uszkodzenia i uwolnienia składników [24]. Jednocześnie doprowadzają do utleniania tłuszczów w produktach spożywczych, co wpływa na pogorszenie właściwości sensorycznych żywności. Stąd wiele uwagi poświęca się roli związków fenolowych w zapewnieniu świeżości produktów spożywczych [6, 17, 20, 22].

Bogate w polifenole są glony. Równie wysoki poziom polifenoli, takich jak: katechiny, epikatechiny i kwas galusowy znajduje się w wodorostach [22]. Związki fenolowe, w tym flawonoidy, stanowią szczególną grupę substancji biologicznie czynnych pochodzenia roślinnego. Są one znane jako metabolity wtórne syntetyzowane przez prawie wszystkie rośliny. Flawonoidy wykazują działanie hamujące wzrost drobnoustrojów [17]. Prowadzone są badania eksperymentalne na temat zależności pomiędzy strukturą chemiczną substancji biologicznie aktywnych pochodzenia roślinnego a ich właściwościami przeciwdrobnoustrojowymi [12]. Zastosowanie naturalnych ekstraktów roślinnych stwarza możliwość eliminacji patogenów z żywności [2].

Przypuszcza się, że substancje czynne w postaci zawartych w warzywach i owocach związków fenolowych mają bezpośrednie biobójcze działanie na patogeny żywności. Wszelkie reakcje chemiczne i biologiczne są zależne od systemu redox – fenol – semichinon – chinon. Mają one zdolność do utraty dwóch elektronów i protonów, co prowadzi do tworzenia się bardziej aktywnych rodników chinonu i semichinonu, a to wpływa na całkowity efekt reakcji układu redoks [19]. Ze względu na takie cechy, polifenole i produkty ich utleniania skutecznie hamują aktywność enzymatyczną.

Związki fenolowe obecne w winach białych i czerwonych działały hamująco na wzrost *C. albicans*, przy czym średnica strefy zahamowania w przypadku *C. albicans* była mniejsza od średnicy mierzonej dla *S. aureus* i *E. coli*. Oznacza to, że szczepy

drożdży były mniej wrażliwe na działanie kwasów fenolowych w porównaniu ze szczepami bakterii. Zróżnicowana wrażliwość drożdży i bakterii na działanie kwasów fenolowych wynika z budowy ich ściany komórkowej [20, 24].

Dowiedziono także, że liczne przyprawy, takie jak: tymianek, bazylia, oregano i kminek charakteryzują się aktywnością przeciwbakteryjną. Hamują one wzrost wielu bakterii odpowiedzialnych za zatrucia pokarmowe, do których należą: *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* i *S. aureus*. Mniejszą wrażliwość na działanie ekstraktów roślinnych wykazała *Listeria monocytogenes,* a *E. coli* i *Y. enterocolitica* były całkowicie oporne na działanie ekstraktu z kminku. W ekstraktach roślinnych występują bioaktywne polifenole w postaci kwasu kawowego, kwasu ferulowego, protokatechowego, kwercetyny i kampferolu [3, 17].

Ekstrakty obecne w roślinie jadalnej *Alpinia galanga* miały skuteczniejsze działanie hamujące wzrost bakterii Gram-dodatnich w porównaniu z bakteriami Gram-ujemnymi. Dużą wrażliwość na ich działanie wykazały gatunki, takie jak: *S. aureus, L. monocytogenes, S. dysenteriae* i *S. boydii*. Ekstrakty roślinne uzyskane z rośliny *Alpinia galanga* nie wykazały zdolności do hamowania wzrostu gatunków z rodzaju *Salmonella*, gatunku *E. coli* O157:H7 czy też *S. sonnei*. Dużo skuteczniejsze oddziaływanie destrukcyjne związków fenolowych na komórki bakterii Gram-dodatnich wynika z faktu, że komórki bakterii Gram-ujemnych mają zewnętrzną powłokę otaczającą ścianę komórkową i tym samym utrudniającą dyfuzję związków hydrofobowych do wnętrza komórki przez błonę liposacharydową. Ekstrakty roślinne uzyskane z kłączy *Alpinia galanga* powodowały uszkodzenie i koagulację cytoplazmy w komórkach *S. aureus*.

Kwiaty roślin leczniczych i zioła wykazują właściwości hamowania wzrostu licznych bakterii chorobotwórczych. Ekstrakty roślinne z kwiatów rośliny *Phrygilanthus acutifolius* oddziaływały bakteriobójczo na *S. aureus* oraz bakteriostatycznie na *Pseudomonas aeruginosa* [8, 10]. Powszechnie znane w Tajlandii tzw. „flower vegetables" oddziaływały bakteriobójczo *na Bacillus cereus, E. coli* oraz *S. aureus* [11]. *S. aureus* był również bardzo wrażliwy na ekstrakty roślinne zawarte w *Michelia champaca*. Olejki eteryczne zawarte w roślinie *Phlomis mauritanica* skutecznie hamowały wzrost *S. aureus* i *S. typhimurium* [14]. Olejki eteryczne zawarte w kwiatach rośliny *Alangium salviifolium* uszkadzały komórki takich gatunków, jak: *Bacillus subtilis, S. aureus, S. sonnei, S. boydii* i *S. typhi* [4, 14].

Olejki eteryczne zawarte w czosnku, cebuli, cynamonie, tymianku, oregano, czarnym pieprzu wykazują działanie przeciwdrobnoustrojowe. Skutecznie hamują rozwój bakterii, drożdży i pleśni. Stopień hamowania wzrostu zależy od rodzaju i koncentracji elejków eterycznych oraz od rodzaju komórek mikroorganizmów. Komórki wegetatywne i przetrwalnikujące *B. cereus* były bardziej wrażliwe na działanie olejków w porównaniu z komórkami *C. botulinum*. Większość olejków eterycznych przy zasto-

sowaniu powyżej 300 ppm wykazuje działanie hamujące wzrost mikroorganizmów. Stopień wrażliwości mikroorganizmów zależy od ich powinowactwa do wody. Im mniejsze jest ich powinowactwo do wody, tym bardziej wrażliwe będą na działanie olejków mających charakter hydrofobowy. Blank i wsp. [7] dowiedli, że komórki przetrwalnikujące *Bacillus licheniformis* wykazywały hydrofobowy charakter i tym samym były bardziej wrażliwe na działanie eugenolu i olejków eterycznych zawartych w goździkach w porównaniu z komórkami przetrwalnikujących *Bacillus subtilis.* Właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych zależą od ich budowy chemicznej i obecności frakcji aktywnej, która może mieć charakter związku fenolowego, kwasu, aldehydu, ketonu bądź węglowodoru. Wielu autorów podjęło próbę klasyfikacji olejków eterycznych pod względem ich właściwości przeciwdrobnoustrojowych. Gueldner i wsp. [10] stwierdzili, że olejki eteryczne jako związki fenolowe wykazały najlepsze właściwości hamowania wzrostu drobnoustrojów.

Przykładem drobnoustrojów stanowiących zanieczyszczenie żywności są bakterie z rodzaju *Yersinia*, należące do rodziny *Enterobacteriaceae*. W obrębie tego rodzaju istnieje 11 gatunków i 5 biowarów, w tym *Y. pestis*, jako pałeczka dżumy. Istotnym problemem dla naukowców jest skuteczne eliminowanie *Y. enterocolitica* z produktów spożywczych [9, 21]. *Y. enterocolitica* została wyizolowana z ciastek, wędlin pakowanych próżniowo, owoców morza, warzyw i mleka. Izolowano ją również z wołowiny, jagnięciny i wieprzowiny. Spośród wszystkich źródeł, świnia jest głównym nosicielem szczepów chorobotwórczych dla człowieka [6].

Celem przeprowadzenia badań było porównanie aktywności przeciwdrobnoustrojowej wybranych związków polifenolowych wobec *Yersinia enterocolitica*.

Materiał i metody badań

Związki do badań syntezowano w Zakładzie Chemii Politechniki Białostockiej. Sole metali pierwszej grupy układu okresowego otrzymano mieszając stechiometryczną ilość kwasu *o*-, *m*- i *p*-kumarowego (kwasy hydroksycynamonowe) z określoną objętością odpowiedniego wodorotlenku (litu, sodu lub potasu). Substancje reagują ze sobą w stosunku molowym 1:1. Otrzymane roztwory ogrzewano w łaźni wodnej, mieszając do całkowitego rozpuszczenia kwasu. Następnie rozpuszczalnik odparowywano, a otrzymane osady suszono w suszarce przez 24 h w temp. 110 ºC. Poprawność analizy sprawdzano, rejestrując widma FT-IR w spektrofotometrze EQUINOX 55 firmy BRUKER. W celu sprawdzenia aktywności przeciwbakteryjnej soli wobec *Y. enterocolitica* przygotowano ich roztwory wodne o stężeniach [%]: 1, 2, 3, 4 i 5.

Szczep *Y. enterocolitica* ATCC 23715 użyty do analiz mikrobiologicznych uzyskano z kolekcji ATCC (American Type Culture Collection, USA). Kultura *Y. enterocolitica* była przechowywana w 5 % roztworze glicerolu w temp. -20 ºC.

Badania prowadzono z użyciem 16-godzinnej hodowli *Y. enterocolitica* inkubowanej w pożywce płynnej Tryptic Soy Bulion (bioMérieux, Warszawa, Polska) w temp. 37 ºC. Gęstość optyczną tej kultury określano przy długości fali $\lambda = 625$ nm (Ultraspec III, Pharmacia, Szwecja). Proces inkubacji kończono w momencie, gdy gęstość optyczna osiągała wartość mieszczącą się w przedziale 0,8-1,0. Rozcieńczenie kultury prowadzono do momentu uzyskania absorbancji 0,1 i w takiej postaci była używana do dalszych badań.

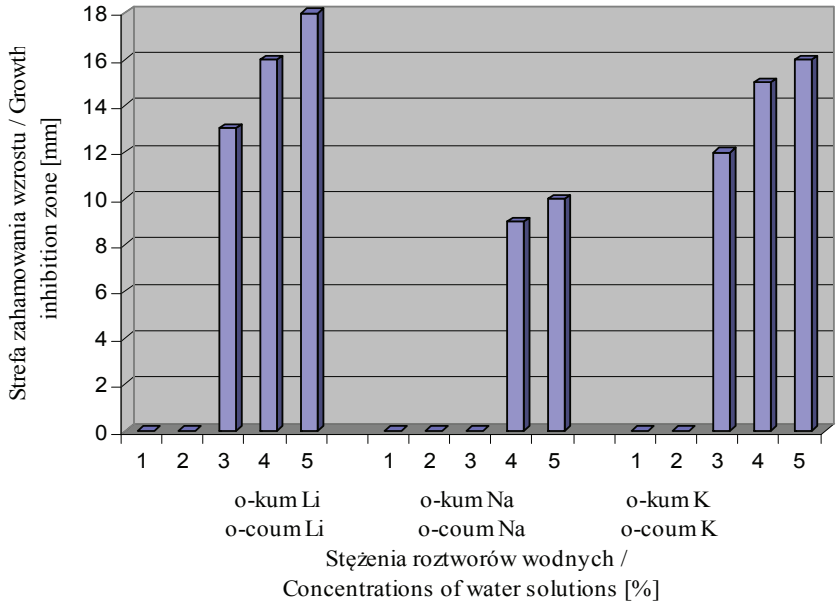
Aktywność przeciwbakteryjną związków fenolowych określano za pomocą metody dyfuzyjno-studzienkowej [18]. Do badań używano płytek Petriego (Ø 10 cm) z podłożem stałym agar Columbia z krwią baranią (bioMérieux, Warszawa, Polska). Hodowlę bakteryjną 16-godzinną rozcieńczano płynem fizjologicznym do uzyskania absorbancji 0,1. Dokonywano posiewu 1 ml takiego rozcieńczenia na powierzchni wstępnie podsuszonych płytek z podłożem. Płytki pozostawiano przez 20 min w temp. 20 – 24 ºC celem absorpcji bakterii do podłoża. W każdej płytce Petriego wykonywano pięć równooddalonych od siebie studzienek za pomocą sterylnego korkoboru (Ø 7 mm). Do każdej ze studzienek dodawano za pomocą pipety (Eppendorf) po 0,05 ml wodnego roztworu soli kwasu fenolowego o stężeniu [%]:1, 2, 3, 4 i 5. Próbę kontrolną przygotowano poprzez dodanie 0,05 ml płynnego podłoża Tryptic Soy Bulion. Tak przygotowane płytki inkubowano w temp. 37 ºC przez 24 h.

Po inkubacji mierzono strefy zahamowania wzrostu na płytkach Petriego, a wyniki wyrażano w milimetrach. Aktywność hamującą każdej soli kwasu fenolowego określano poprzez pomiar średnicy strefy zahamowania wzrostu kolonii szczepu *Y. enterocolitica*. Wynik każdego badania jest średnią z trzech równoległych powtórzeń.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z użyciem testu Kruskala-Wallisa ($p < 0,05$), z zastosowaniem programu Statistica 6.1 (Stat Soft, Tulsa, OK, USA).

Wyniki i dyskusja

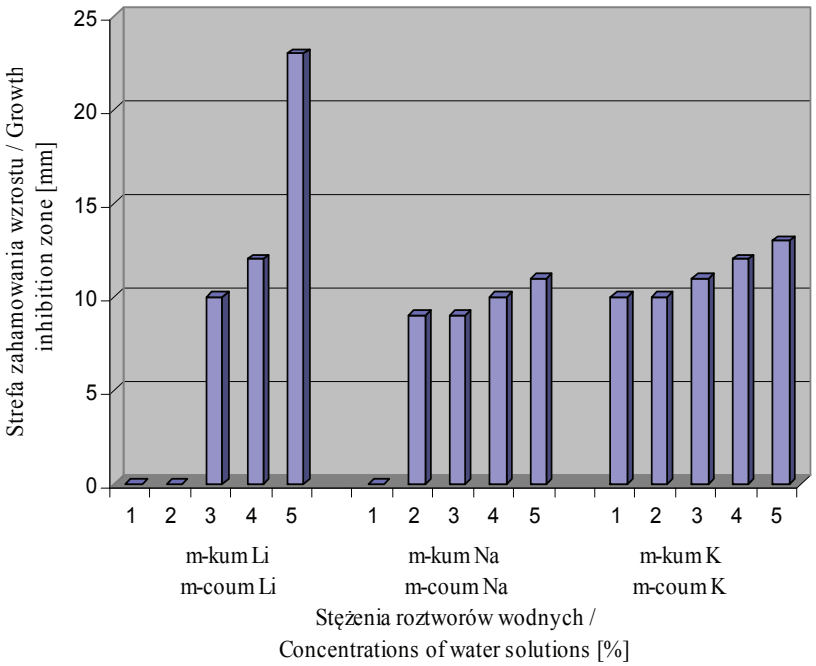
W pracy określono aktywność przeciwbakteryjną dziewięciu soli kwasów fenolowych o różnych strukturach chemicznych wobec pałeczki Gram-ujemnej *Y. enterocolitica* [5]. Sole wykazały zróżnicowaną zdolność hamowania wzrostu *Y. enterocolitica* (rys. 1). Właściwości przeciwdrobnoustrojowe związków fenolowych oraz ich potencjalne zastosowanie w eliminacji ryzyka wystąpienia patogenów w żywności określono poprzez pomiar średnicy zahamowania wzrostu wokół studzienki [23].



Rys. 1. Wpływ stężenia wodnych roztworów soli litu, sodu i potasu kwasu *o*-kumarowego na wielkość strefy zahamowania wzrostu pałeczek *Y. enterocolitica*.

Fig. 1. Effect of water solution concentrations of lithium, sodium, and potassium salts of *o*-coumaric acid on the size of *Y. enterocolitica* growth inhibition zone.

Sole kwasu *o*-kumarowego wykazywały działanie hamujące wzrost pałeczki *Y. enterocolitica*. Sole potasu i litu kwasu *o*-kumarowego wykazywały znacznie wyższą aktywność hamującą wzrost *Y. enterocolitica* w porównaniu z solą sodową kwasu *o*-kumarowego. Strefa zahamowania wzrostu pałeczki na skutek aktywności soli litu kwasu *o*-kumarowego wyniosła 18 mm przy 5 % stężeniu roztworu wodnego tej soli, 16 mm przy 4 % stężeniu, 13 mm przy 3 % stężeniu. Jednocześnie 1 % i 2 % roztwory wodne tej soli nie wykazały jakiegokolwiek działania hamującego wobec *Y. enterocolitica* (rys. 1). Równie wysoką skutecznością hamowania wzrostu *Y. enterocolitica* charakteryzowała się sól potasowa kwasu *o*-kumarowego. Strefa zahamowania wzrostu pałeczki na skutek aktywności tej soli wyniosła 16 mm przy 5 % stężeniu jej roztworu wodnego, 15 mm przy 4 % stężeniu, 12 mm przy 3 % stężeniu. Jednocześnie jej 1 % i 2 % roztwory wodne nie wykazały jakiegokolwiek działania hamującego wobec *Y. enterocolitica* (rys. 1). Stwierdzono również, że sól sodowa kwasu *o*-kumarowego miała najsłabsze działanie hamujące wzrost *Y. enterocolitica* w porównaniu z solami litu i potasu kwasu *o*-kumarowego. Strefa zahamowania wzrostu pałeczek na skutek aktywności tej soli wyniosła 10 mm przy 5 % stężeniu roztworu wodnego i 9 mm przy 4 % stężeniu. Jednocześnie jej 1, 2 i 3 % roztwory wodne nie wykazały jakiegokolwiek działania hamującego wobec *Y. enterocolitica*.



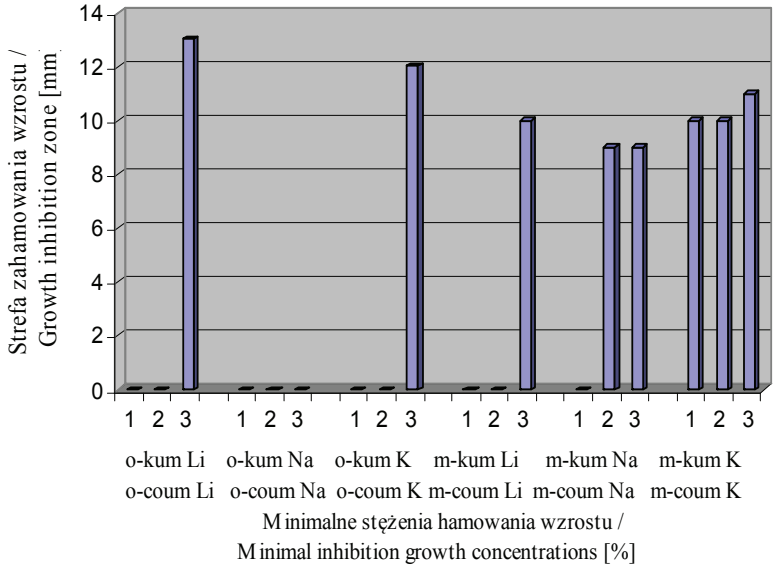
Rys. 2. Wpływ stężenia wodnych roztworów soli litu, sodu i potasu kwasu *m*-kumarowego na wielkość strefy zahamowania wzrostu pałeczek *Y. enterocolitica*.

Fig. 2. Effect of water solution concentrations of lithium, sodium, and potassium salts of *m*-coumaric acid on the size of *Y. enterocolitica* growth inhibition zone.

Dowiedziono, że sole kwasu *m*-kumarowego wykazują stosunkowo wysoką aktywność hamującą wobec *Y. enterocolitica*. Jednakże ich aktywność była nieznacznie słabsza w porównaniu z solami kwasu *o*-kumarowego. Stwierdzono, że 5 % roztwór wodny soli litu kwasu *m*-kumarowego miał najwyższą aktywność hamującą wzrost *Y. enterocolitica*, a strefa zahamowania wzrostu wyniosła 23 mm. Natomiast 1 i 2 % roztwory wodne tej soli nie wykazały działania hamującego, a 3 i 4 % roztwory wodne miały podobne właściwości antybakteryjne, jak sole sodu i potasu kwasu *m*-kumarowego (rys. 2). Strefa hamowania wzrostu pałeczek na skutek aktywności soli litu kwasu *m*-kumarowego wyniosła 12 mm przy 4 % stężeniu roztworu wodnego tej soli i 10 mm przy 3 % stężeniu. Sole sodu i potasu kwasu *m*-kumarowego miały podobną aktywność wobec *Y. enterocolitica.* Jednakże bardziej skuteczna była sól potasowa kwasu *m*-kumarowego. Strefa zahamowania wzrostu pałeczek na skutek aktywności tej soli wyniosła 13 mm przy 5 % stężeniu jej roztworu wodnego, 12 mm przy 4 % stężeniu, 11 mm przy 3 % stężeniu, 10 mm przy 1 % i 2 % stężeniu (rys. 2). Najsłabsze działanie hamujące w porównaniu z innymi solami kwasu *m*-kumarowego miała sól sodowa. Strefa zahamowania wzrostu pałeczek na skutek aktywności tej soli

wyniosła 11 mm przy 5 % stężeniu jej roztworu wodnego, 10 mm przy 4 % stężeniu, 9 mm przy 3 i 4 % stężeniu. Jednocześnie jej 1 % roztwór wodny nie wykazał jakiegokolwiek działania hamującego wobec *Y. enterocolitica* (rys. 2).

Sole kwasu *p*-kumarowego nie wykazały żadnej aktywności antybakteryjnej względem *Y. enterocolitica*.



Rys. 3. Minimalne stężenie hamujące wodnych roztworów soli litu, sodu i potasu kwasów *o*- i *m*-kumarowego wobec *Y. enterocolitica*.

Fig. 3. Minimal inhibitory concentration of water solutions of lithium, sodium, and potassium salts of *o*- and *m*-coumaric acids against *Y. enterocolitica*.

Zaobserwowano, że sól potasowa kwasu *m*-kumarowego przejawiała największą zdolność hamowania wzrostu, ponieważ jej 1 % roztwór wodny umożliwił uzyskanie strefy zahamowania o wielkości 10 mm. Było to najmniejsze stężenie hamujące, przy którym nastąpiła eliminacja patogenu z żywności (rys. 3). Druga pod względem aktywności antybakteryjnej okazała się sól sodowa kwasu *m*-kumarowego. Jej 2 % roztwór wodny wpłynął na uzyskanie strefy zahamowania o wielkości 9 mm, a również było to najmniejsze stężenie hamujące wzrost pałeczek. Roztwory wodne o stężeniu 1 i 2 % soli litu, sodu i potasu kwasu *o*-kumarowego oraz soli litu kwasu *m*-kumarowego nie wykazały działania hamującego wzrost *Y. enterocolitica*. Dopiero ich 3 % roztwory, z wyjątkiem roztworu wodnego soli sodowej kwasu *o*-kumarowego, powodowały zahamowanie wzrostu. Najskuteczniejszą okazała się sól litu kwasu *o*-kumarowego, przy czym jej 3 % roztwór wodny pozwolił na uzyskanie strefy zahamowania o wielkości 13 mm. Kolejną pod względem aktywności była sól potasowa kwasu

o-kumarowego, przy czym jej 3 % roztwór wodny pozwalał na uzyskanie strefy hamowania o wielkości 12 mm. Najmniej aktywną była sól litu kwasu *m*-kumarowego, przy czym jej 3 % roztwór wodny pozwolił na uzyskanie strefy zahamowania o wielkości 10 mm.

Właściwości przeciwdrobnoustrojwe wybranych soli kwasów fenolowych stanowiły przedmiot badań także innych prac. Sole kwasu kumarowego skutecznie hamowały wzrost *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* i *Candida albicans*. Kwasy fenolowe są szczególnie powszechnie obecne w winach czerwonych i wykazują działanie hamujące wzrost licznych bakterii chorobotwórczych zarówno Gram-dodatnich, jak i Gram-ujemnych. Dowiedziono, że szczepy bakterii Gram-dodatnich są bardziej wrażliwe na działanie soli kwasów fenolowych niż szczepy bakterii Gram-ujemnych. Takie obserwacje można przypisać różnicom w strukturze ściany komórkowej bakterii. Prostsza w swojej budowie ściana komórkowa bakterii Gram-dodatnich sprawia, że z większą łatwością mogą wnikać przez nią związki przeciwbakteryjne, powodując lizę komórek [1, 12, 18].

Wyniki badań niniejszej pracy wskazują, iż kwasy fenolowe i ich wybrane sole charakteryzowały się aktywnością antybakteryjną względem *Y. enterocolitica*. Pałeczka ta wykazuje zróżnicowaną wrażliwość na poszczególne sole kwasów fenolowych, które jako substancje biologicznie czynne powinny być stosowane do eliminacji tej bakterii z żywności.

Wnioski

1. Sole kwasów fenolowych mają zróżnicowane właściwości hamowania wzrostu pałeczek *Y. enterocolitica*. Sole kwasu *m*-kumarowego działały skuteczniej w porównaniu z solami kwasu *o*-kumarowego, podczas gdy sole kwasu *p*-kumarowego wykazały całkowity brak aktywności wobec badanej bakterii.
2. Spośród soli kwasu *o*-kumarowego sól litu wykazała najsilniejsze działanie przeciwbakteryjne. Nieco słabszą aktywność przejawiała sól potasu, a sól sodu najsłabiej hamowała wzrost bakterii.
3. Wśród soli kwasu *m*-kumarowego bardziej aktywna była sól potasu w porównaniu z solą sodu. Najbardziej aktywny był 5 % roztwór soli litu, podczas gdy jej słabsze stężenia hamowały wzrost *Y. enterocolitica* w sposób podobny do soli potasu i sodu.
4. Roztwory soli litu i potasu kwasu *o*-kumarowego oraz roztwór soli litu kwasu *m*-kumarowego wykazały aktywność przeciwbakteryjną przy 3 % stężeniu substancji czynnej, podczas gdy ich 1 i 2 % roztwory wodne były całkowicie nieaktywne. Wśród 3 % roztworów wodnych największą siłę hamowania wzrostu miała sól litu kwasu *o*-kumarowego, nieco słabiej działała sól potasowa kwasu *o*-kumarowego, a najmniej skuteczna była sól litu kwasu *m*-kumarowego. Roztwór

wodny soli sodowej kwasu *o*-kumarowego o stężeniu 3 % nie wykazał żadnej aktywności przeciwbakteryjnej.

Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego N N312 427639.

Literatura

[1] Acar G., Dogan N.M., Duru M.E., Kıvrak I.: Phenolic profiles, antimicrobial and antioxidant activity of the various extracts of *Crocus* species in Anatolia. Afric. J. Microb. Res., 2010, **4 (11)**, 1154-1161.
[2] Ahmad I., Beg A.Z.: Antimicrobial and phytochemical studies on 45 Indian medicinal plants against multi-drug resistant human pathogens. J. Ethnopharmacol., 2001, **74**, 113-123.
[3] Ali-Shtayeh M.S., Yaghmour R.M.R., Faidi Y.R., Salem K., Al-Nuri M.A.: Antimicrobial activity of 20 plants used in folkloric medicine in the Palestinian area. J. Ethnopharmacol., 1998, **60**, 265-271.
[4] Amor I.L.B., Neffati A., Sgaier M.B., Bhouri W., Boubaker J., Skandrani I., Bouhlel I., Kilani S., Ammar R.B., Chraief I., Hammami M., Ghoul M., Chekir-Ghedira L., Ghedira K.: Antimicrobial activity of essential oils isolated from *Phlomis crinita* Cav. ssp. Mauritanica Munby. J. Am. Oil Chem. Soc., 2008, **85,** 845-849.
[5] Baratta M.T., Dorman H.J.D., Deans S.G., Figueiredo A.C., Barroso J.G., Ruberto G.: Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial oils. Flavour Frag. J., 1998, **13**, 235-244.
[6] Bhaskarwar B., Itankar P., Fulke A.: Evaluation of antimicrobial activity of medicinal plant *Jatropha podagrica* (Hook). Roumanian Biotechnological Letters, 2008, **13 (5),** 3873-3877.
[7] Blank G., Melnyk D., Henderson H. M.: Sporostatic activity of eugenol in relation to spore hydrophobicity. Lebensm.Wiss. U. Technol., 1990, **23,** 361-363.
[8] Daud A., Gallo A., Sanchez Riera A.: Antimicrobial properties of Phrygilanthus acutifolius. J. Ethnopharmacol., 2005, **99**, 193-197.
[9] Goyal S.N., Arora S., Sharma A.K., Joshi S., Ray R., Bhatia J., Kumari S., Arya D.S.: Preventive effect of crocin of *Crocus sativus* on hemodynamic, biochemical, histopathological and ultrastuctural alterations in isoproterenol-induced cardiotoxicityinrats. Phytomedicine, 2010, **17**, 227-232.
[10] Gueldner R.C., Wilson D.M., Heidt A.: Volatile compounds inhibiting *Aspergillus flavus*. J. Food Chem., 1985, **33,** 441-443.
[11] Krasaekoopt W., Kongkarnchanatip A.: Antimicrobial properties of Thai traditional flower vegetable extracts. Assumption U J. Technol., Thailand, 2005, **9**, 71-74.
[12] Mbosso E.J.T., Ngouela S., Nguedia J.C.A., Beng V.P., Rohmer M., Tsamo E.: *In vitro* antimicrobial activity of extracts and compounds of some selected medicinal plants from Cameroon. J. Ethnopharmacol., 2010, **128**, 476-481.
[13] Moller J.K.S., Madsen H.L., Altonen T., Skibsted L.H.: Dittany (*Origanum dictamnus*) as a source of water-extractable antioxidants. Food Chem., 1999, **64**, 215-219.
[14] Mosaddik M.A., Kabir K.E., Hassan P.: Antibacterial activity of *Alangium salviifolium* flowers. Fitoterapia, 2000, **71**, 447-449.
[15] Nørbæk R., Kondo T.: Flower Pigment Composition of *Crocus* species and cultivars used for a chemotaxonomic investigation. Biochem. Syst. Ecol., 2002, **30**, 763-791.
[16] Oke F., Aslim B., Ozturk S., Altundag S.: Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. Food Chem., 2009, **112,** 874-879.
[17] Oussalah M., Caillet S., Saucier L., Lacroix M.: Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat. Meat Sci., 2006, 73, 236- 244.
[18] Perez C., Paul M., Bazerque P.: Antibiotic assay by agar-well diffusion method. Acta Biologiae et Medicine Experimentalist., 1990, **15,** 113-115.

[19] Park Y.K., Koo M.H., Ikegaki M., Contado J.L.: Comparison of the flavonoid aglycone contents of *Apis mellifera* propolis from various regions of Brazil. Arquivos de Biologiae Technologia, 1997, **40 (1),** 97-106.
[20] Simic M.G.: Mechanisms of inhibition of free-radical processed in mutagenesis and carcinogenesis. Mutation Res., 1998, **202**, 377-386.
[21] Tanaka M., Kuei C.W., Nagashima Y., Taguchi T.: Application of antioxidative maillrad reaction products from histidine and glucose to sardine products. Nippon Suisan Gakk, 1998, **54**, 1409-1414.
[22] Tepe B., Daferera D., Sokmen A., Sokmen M., Polissiou M.: Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa*. Food Chem., 2005, **90**, 333-340.
[23] Vahidi H., Kamalinejad M., Sedaghati N.: Antimicrobial properties of *Crocus sativus* L. Iranian. J. Pharmacol. Res., 2002, **1,** 33-35.
[24] Yanga J.H., Linb H.C., Maub J.L.: Antioxidant properties of several commercial mushrooms. Food Chem., 2002, **77**, 229-235.

ASSESSING SUSCEPTIBILITY OF *YERSINIA ENTEROCOLITICA* TO SOME SELECTED SALTS OF PHENOLIC ACIDS

S u m m a r y

The objective of this study was to assess the antimicrobial activity of salts of phenolic acids against *Yersinia enterocolitica* ATCC 23715. *Y. enterocolitica* is known to be a facultatively anaerobic, Gram-negative coccoid bacillus responsible for human alimentary intoxication. Salts of phenolic acids can effectively eliminate pathogens in food products. It was proved that the salts of phenolic acids inhibited the growth of this pathogen. The analysis comprised the lithium, sodium, and potassium salts of the *o*-coumaric, *m*-coumaric, and *p*-coumaric acids. Water solutions of those salts were applied; their concentrations were 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, and 5 %. A diffusion-well method was used. The analysis results showed that *Y. enterocolitica* was susceptible to the salts of *o*-coumaric and *m*-coumaric acids, however, its susceptibility to the salts of *p*-coumaric acid was not confirmed. The salts of phenolic acids can be applied as natural chemical preservatives in food conservation processes.

Key words: *Yersinia enterocolitica*, antimicrobial activity, salts of phenolic acids

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 99 – 106

AGATA GÓRSKA, KAROLINA SZULC, EWA OSTROWSKA-LIGĘZA, MAGDALENA WIRKOWSKA

WYKORZYSTANIE WŁAŚCWOŚCI B-LAKTOGLOBULINY DO WIĄZANIA CHOLEKALCYFEROLU

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

Wzbogacanie żywności w witaminę D_3 (cholekalcyferol), ze względu na jej rozpuszczalność w tłuszczach, odbywa się zazwyczaj z zastosowaniem nośników będących pochodnymi tłuszczów. Sekwencja aminokwasów w łańcuchu β-laktoglobuliny oraz wyniki badań struktury przestrzennej pozwalają na zakwalifikowanie jej do rodziny lipokalin. Stwarza to możliwości wykorzystania β-laktoglobuliny jako nośnika witaminy D_3 w produktach o zmniejszonej zawartości tłuszczu.

Zakres pracy obejmował uzyskanie połączeń kompleksowych β-laktoglobulina – witamina D_3 i otrzymanie preparatu w postaci proszku. Zastosowano suszenie rozpyłowe oraz suszenie sublimacyjne, jako metody najczęściej zalecane w przemyśle spożywczym do suszenia substancji termolabilnych. Następnie określono poziom witaminy D_3 w uzyskanych kompleksach metodą HPLC i oceniono wpływ zastosowanego procesu technologicznego na zawartość witaminy w produktach. Badania potwierdziły możliwość utworzenia kompleksów β-laktoglobuliny z witaminą D_3. Poziom cholekalcyferolu w próbkach suszonych rozpyłowo był zbliżony do zawartości witaminy D_3 w próbce liofilizowanej. Stwierdzono istotny wpływ strumienia podawania surowca oraz brak wpływu temperatury procesu suszenia rozpyłowego na zawartość witaminy D_3 w otrzymanych kompleksach.

Słowa kluczowe: β-laktoglobulina, witamina D3, suszenie rozpyłowe, suszenie sublimacyjne

Wprowadzenie

Białka serwatkowe są cenione ze względu na właściwości odżywcze i funkcjonalne. Stanowią 0,6 - 0,7 % białka ogólnego, w tym około 75 % przypada na albuminy, tj. α-laktoalbuminę (α-LA) i β-laktoglobulinę (β-LG) [3, 6]. Białka te odgrywają istotną rolę w żywieniu człowieka jako wyjątkowo bogate i zbilansowane źródło aminokwasów. Jako substancje biologicznie aktywne stosowane są do produkcji żywności funkcjonalnej, wpływającej pozytywnie na organizm człowieka [9, 14]. Wzbudzają

Dr A. Górska, dr inż. E. Ostrowska-Ligęza, dr inż. M. Wirkowska, Katedra Chemii, dr inż. K. Szulc, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

zainteresowanie wśród konsumentów znacznie częściej sięgających po produkty wykazujące właściwości prozdrowotne. Głównym białkiem frakcji serwatkowej mleka krowiego (3 g/l; 50 % białek serwatkowych) jest β-laktoglobulina. Badania wskazują na podobną strukturę i konformację β-laktoglobuliny z ludzkim białkiem wiążącym retinol (RBP, ang. retinol binding protein) [2]. Sekwencja aminokwasów w łańcuchu oraz wyniki badań struktury przestrzennej pozwalają na zakwalifikowanie β-laktoglobuliny do rodziny lipokalin [8]. Wykazano, że β-laktoglobulina wykazuje zdolność wiązania hydrofobowych związków, tj. retinolu, kwasów tłuszczowych, witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, cholesterolu itp. [11]. Umożliwia to wykorzystanie jej do transportowania wybranych składników odżywczych w układach pozbawionych tłuszczu. Wzbogacanie żywności w witaminę D_3, ze względu na jej rozpuszczalność w tłuszczach, odbywa się zazwyczaj z zastosowaniem nośników będących pochodnymi tłuszczów. Jednak rosnąca świadomość żywieniowa i zdrowotna konsumentów powoduje, że coraz częściej sięgają oni po produkty ze zmniejszoną zawartością tłuszczu lub beztłuszczowe. Równocześnie oczekują, że spożywana przez nich żywność będzie wzbogacona w składniki odżywcze. Opisane właściwości β-laktoglobuliny stwarzają możliwości wykorzystanie jej do wiązania i transportowania niektórych składników odżywczych, np. rozpuszczalnej w tłuszczach witaminy D_3 w układach o zmniejszonej zawartości tłuszczu.

Celem pracy było uzyskanie połączeń kompleksowych β-laktoglobulina – witamina D_3 i doprowadzenie preparatu do postaci proszku nie tylko ze względu na wygodę i uniwersalność zastosowania w przemyśle spożywczym, ale również ze względu na stabilność przechowalniczą, łatwość dozowania oraz mniejszą objętość (w stosunku do produktu płynnego), co jest szczególnie istotne w czasie transportu, jak i magazynowania.

Materiał i metody badań

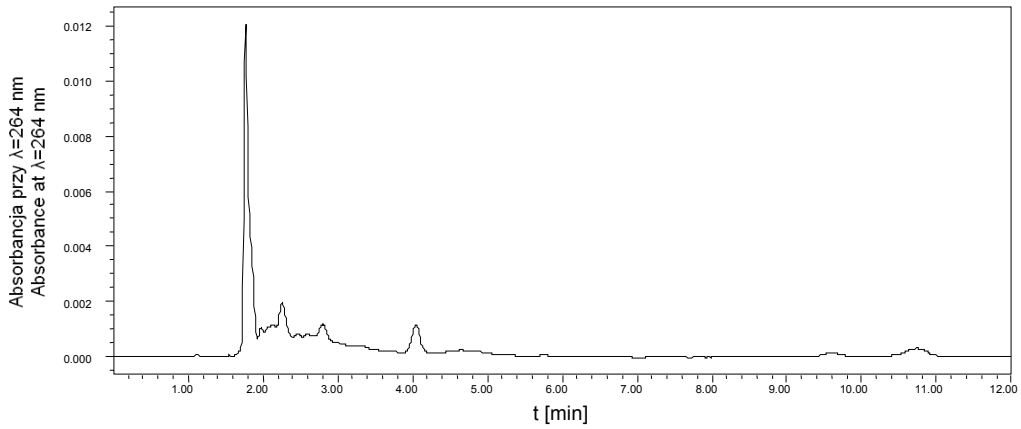
Przedmiotem badań była β-laktoglobulina otrzymana od firmy Davisco Foods International (Le Sueur, Minnesota). Analiza chromatograficzna (HPLC) wykazała brak witaminy D_3 w próbce białka. Cholekalcyferol oraz pozostałe odczynniki pochodziły z firmy Sigma-Aldrich. Badania obejmowały syntezę kompleksów β-laktoglobuliny z cholekalcyferolem w stosunku molowym 1 : 2. W tym celu do wodnego, homogenicznego 2 % roztworu β-laktoglobuliny dodawano stopniowo cholekalcyferol (rozpuszczony uprzednio w minimalnej objętości etanolu). Roztwór mieszano przez 2 h w temp. 40 °C. Następnie zsyntetyzowane kompleksy suszono rozpyłowo lub sublimacyjnie do uzyskania preparatów w formie proszków. Metody ten są najczęściej stosowane w przemyśle spożywczym do suszenia substancji termolabilnych [5, 7]. Każdorazowo do suszenia rozpyłowego przygotowywano 300 ml roztworu. Roztwory poddawano homogenizacji w homogenizatorze Ultra Turrax T 25 basic IKA Labor-

technik (RFN), przez 90 s przy 11000 rpm, a następnie suszono rozpyłowo. Suszenie otrzymanych roztworów prowadzono w suszarce rozpyłowej firmy Anhydro (Dania), przy jednej prędkości dysku rozpyłowego, wynoszącej 39000 obr./min (średnica dysku 63,42 mm) i dwóch strumieniach podawania surowca: 15 oraz 25 cm^3/min. Suszenie odbywało się współprądowo, a temperatura powietrza wlotowego wynosiła odpowiednio 120 ºC lub 150 ºC. Każde suszenie, przy określonych parametrach procesu, powtarzano dwukrotnie. Próbki w postaci proszków uzyskano także metodą suszenia sublimacyjnego (liofilizacji). Przed procesem liofilizacji badany roztwór zamrażano w zamrażarce komorowej w ciągu 24 h w temp. -70 ºC. Następnie badany materiał poddawano liofilizacji w liofilizatorze ALPHA1-4 LDC-1m firmy Christ, z kontaktowym ogrzewaniem surowca. Proces prowadzono przy stałych parametrach: ciśnienie 63 Pa, ciśnienie bezpieczeństwa 103 Pa, czas 24 h oraz temperatura półek grzejnych liofilizatora 30 ºC. Kontrola temperatury materiału w czasie suszenia odbywała się przy użyciu termopary. Zawartość witaminy D_3 w próbkach, po ekstrakcji heksanem, oznaczano metodą HPLC z użyciem chromatografu cieczowego Waters połączonego z detektorem spektrofotometrycznym UV-Vis. Do analizy stosowano kolumnę RP C18 o wymiarach 150 x 4,6 mm. Fazę ruchomą stanowił układ: acetonitryl: octan etylu: chloroform (88:8:4). Prędkość przepływu fazy ruchomej wynosiła 1 ml/min. Analizę każdej próbki powtarzano trzykrotnie.

Wyniki i dyskusja

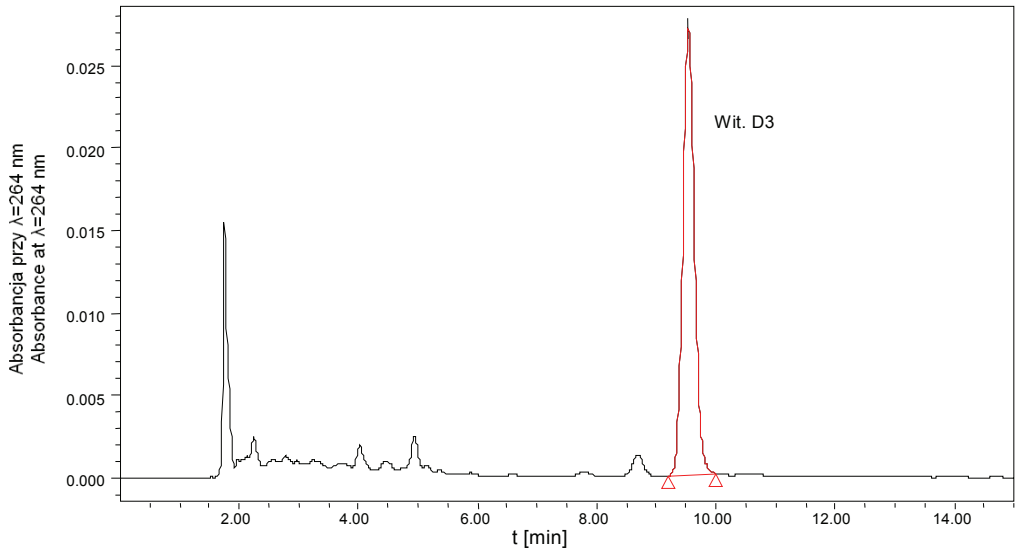
W badaniach podjęto próbę zastosowania β-laktoglobuliny do utworzenia kompleksów z witaminą D_3. Opisane w literaturze badania wskazują na zdolność tego białka serwatkowego do tworzenia połączeń z substancjami lipofilowymi [11]. Analiza chromatograficzna stosowanej w badaniach β-laktoglobuliny wykazała brak witaminy D_3 w składzie próbki (rys. 1). Otrzymane wyniki potwierdziły możliwość otrzymania kompleksów pomiędzy β-laktoglobuliną a witaminą D_3 (rys. 2 i 3, tab. 1). Badania przeprowadzone w różnych warunkach suszenia rozpyłowego (temperatura powietrza wlotowego – 120 ºC lub 150 ºC; strumień podawania surowca – 15 ml/min lub 25 ml/min) wykazały brak wpływu temperatury na zawartość witaminy D_3 w kompleksach (tab. 1). Poziom witaminy D_3 w próbkach suszonych rozpyłowo (temperatura powietrza wlotowego 120 ºC lub 150 ºC, strumień podawania surowca 25 ml/min) był zbliżony do zawartości witaminy D_3 w próbce liofilizowanej, w której materiał nie był poddawany działaniu podwyższonej temperatury. Jedną z istotnych przyczyn takiego rezultatu może być proces towarzyszący suszeniu rozpyłowemu – tzw. „efekt chłodzący odparowania". Znaczna ilość ciepła dostarczanego do komory suszenia ze strumieniem gazu suszącego jest zużywana na proces odparowania. Z suszonych cząstek pobierane jest ciepło przemiany fazowej parującej wody, co powoduje spadek temperatury materiału suszonego. Przyjmuje się, że temperatura powierzchni suszonych cząstek

osiąga temperaturę termometru mokrego powietrza wylotowego [1, 4, 13, 15, 17]. Umożliwia to wykorzystanie tej metody do suszenia materiałów o małej odporności na podwyższoną temperaturę. Metodą, która w znacznym stopniu umożliwia wyeliminowanie wpływu podwyższonej temperatury jest suszenie sublimacyjne. Proces ten polega na usunięciu wody z materiału poprzez jej zamrożenie, a następnie sublimację lodu do pary wodnej. Zaletą tej metody suszenia jest zachowanie w produkcie pierwotnych biologicznych cech surowca, ze względu na to, że materiał nie jest poddawany działaniu podwyższonej temperatury. Wadami są długi czas oraz wysokie koszty procesu [10, 13, 16]. Zastosowanie liofilizacji, a zatem wyeliminowanie podwyższonej temperatury w procesie suszenia, nie przyczyniło się do zwiększenia zawartości cholekalcyferolu w próbce. Może to tłumaczyć rozwinięciem powierzchni w czasie suszenia sublimacyjnego, tj. większą powierzchnią kontaktu kompleksu β-laktoglobuliny i cholekalcyferolu z tlenem, który wykazuje wrażliwość na ten czynnik [12].



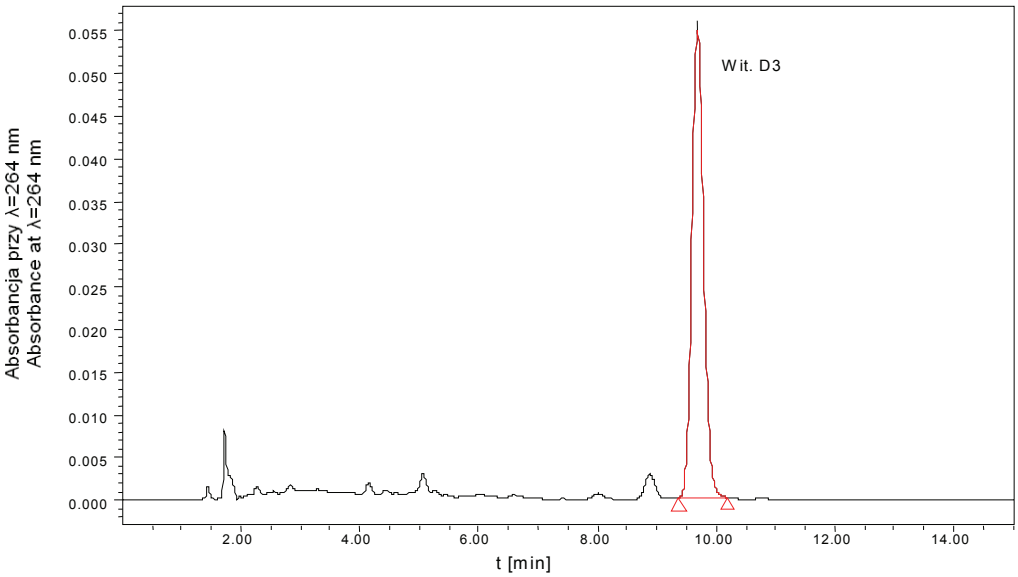
Rys. 1. Chromatogram β-laktoglobuliny.
Fig. 1. Chromatogram of β-lactoglobulin.

Badania wykazały brak wpływu temperatury (120 i 150 ºC) w czasie suszenia rozpyłowego na zawartość witaminy D_3 w próbce (tab. 1). Przyczyną takiego efektu jest najprawdopodobniej odporność witaminy D_3 na działanie podwyższonej temperatury. Jest ona również stosunkowo trwała w środowisku zasadowym, natomiast wykazuje wrażliwość na działanie kwasów, promieniowania ultrafioletowego i tlenu [12]. Istnieje zatem potrzeba kontynuowania badań w celu określenia wpływu innych parametrów procesu, np. pH roztworu na zawartość witaminy D_3 w kompleksach. Parametrem, który istotnie wpływał na zawartość witaminy D_3 w badanych kompleksach był strumień podawania surowca. Stwierdzono większą zawartość cholekalcyferolu



Rys. 2. Chromatogram próbki wyizolowanej z kompleksu β-laktoglobulina – witamina D_3, suszonej rozpyłowo (temp. powietrza wlotowego 150 ºC, strumień podawania surowca 25 ml/min).

Fig. 2. Chromatogram of sample extracted from spray-dried complex compound of β-lactoglobulin with vitamin D_3 (inlet air temperature: 150 ºC; material feed flux: 25 ml/min.).



Rys. 3. Chromatogram próbki wyizolowanej z kompleksu β-laktoglobulina – witamina D_3, suszonej sublimacyjnie (ciśnienie 63 Pa, temperatura półek grzejnych liofilizatora 30 ºC).

Fig. 3. Chromatogram of sample extracted from freeze-dried complex compound of β-lactoglobulin with vitamin D_3 (pressure: 63 Pa; temperature of heating shelves in freeze dryer: 30 °C).

T a b e l a 1

Zawartość witaminy D_3 w sproszkowanych preparatach zawierających kompleks β-laktoglobulina – witamina D_3, otrzymanych podczas suszenia rozpyłowego lub sublimacyjnego.
Content of vitamin D_3 in powdered preparations containing complex compound of β-lactoglobulin with vitamin D_3 and produced during spray-drying or freeze-drying processes.

Warunki procesu suszenia Conditions of drying process	Zawartość witaminy D_3 w kompleksach β-laktoglobulina – witamina D_3 [μg/g]; $\bar{x} \pm s$ Content of vitamin D_3 in complex compounds of β-lactoglobulin with vitamin D_3 [μg/g]; $\bar{x} \pm SD$; n = 3
Suszenie rozpyłowe, temperatura powietrza wlotowego 120 ºC, strumień podawania surowca 15 ml/min. Spray drying; inlet air temperature: 120 ºC; material feed flux: 15 ml/min.	180 ± 8
Suszenie rozpyłowe, temperatura powietrza wlotowego 120 ºC, strumień podawania surowca 25 ml/min. Spray drying; inlet air temperature: 120 ºC; material feed flux: 25 ml/min.	120 ± 4
Suszenie rozpyłowe, temperatura powietrza wlotowego 150 ºC, strumień podawania surowca 15 ml/min. Spray drying; inlet air temperature: 150 ºC; material feed flux: 15 ml/min.	200 ± 6
Suszenie rozpyłowe, temperatura powietrza wlotowego 150 ºC, strumień podawania surowca 25 ml/min. Spray drying; inlet air temperature 150 ºC; material feed flux: 25 ml/min.	120 ± 5
Suszenie sublimacyjne; ciśnienie 63 Pa, temperatura półek grzejnych liofilizatora: 30 ºC Freeze drying; pressure: 63 Pa, temperature of heating shelves in freeze dryer: 30 °C	110 ± 4

w próbkach suszonych rozpyłowo przy strumieniu podawania surowca wynoszącym 15 ml/min w porównaniu z procesem prowadzonym przy strumieniu podawania surowca 25 ml/min.

Wnioski

1. Potwierdzono możliwość utworzenia kompleksów β-laktoglobuliny z witaminą D_3.
2. Poziom witaminy D_3 w próbkach suszonych rozpyłowo był zbliżony do zawartości witaminy D_3 w próbce liofilizowanej.
3. Stwierdzono brak wpływu temperatury procesu suszenia na zawartość witaminy D_3 w produkcie. Zastosowanie liofilizacji, a zatem wyeliminowanie podwyższonej temperatury w procesie suszenia, nie przyczyniło się do większej zawartości cholekalcyferolu w próbce.

4. Stwierdzono istotny wpływ strumienia podawania surowca na poziom cholekalcyferolu w uzyskanych połączeniach.

Badania były finansowane ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy nr N N312 068639.

Literatura

[1] Adamiec J, Kamiński W, Markowski A.S., Strumiłło C.: Drying of biotechnological products. In: Handbook of Industrial Drying. Ed. AS Mujumdar. Marcel Deker Inc., New York 1995, vol. 2, p. 775.

[2] Blaner W.S.: Retinol binding protein: the serum transport protein for vitamin A. Endocr. Rev., 1989, **10**, 308.

[3] Bordin G., Cordeiro Raposo F., De la Calle B., Rodriguez A. R.: Identification and quantification of major bovine milk proteins by liquid chromatography. J. Chrom. A., 2001, **928, 1**, 63.

[4] Brennan J.G.: Spray drying. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Eds. B Caballero, LC Trugo, PM Finglas. Academic Press Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, 2003.

[5] Champagne C.P., Fustier P.: Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. Curr. Opin. Biotechnol., 2007, **18 (2)**, 184.

[6] Chatterton D.E. W., Smithers G., Roupas P., Brodkorb A.: Bioactivity of β-lactoglobulin and α-lactalbumin. Technological implications for processing. Intern. Dairy J., 2006, **16**, 1229.

[7] Gharsallaoui A., Roudaut G., Chambin O., Voilley A. Saurel R.: Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. Food Res. Int., 2007, **40 (9)**, 1107.

[8] Kontopidis G., Holt C., Sawyer L.: Invited review: β-lactoglobulin: Binding properties, structure, and function. J. Dairy Sci., 2004, **87**, 785.

[9] McIntosh G.H., Royle P.J., Le Leu R.K., Regester G.O., Johnson M.A., Grinsted R.L., Kenward R.S., Smithers G.W.: Whey proteins as functional food ingredients. Int. Dairy J., 1998, **8**, 425.

[10] Mellor J.D., Bell G.A.: Freeze-drying. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Eds. B Caballero, LC Trugo, PM Finglas. Academic Press Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, 2003.

[11] Perez Dolores M., Calvo M.: Interaction of β-lactoglobulin with retinol and fatty acids and Its role as a possible bilogical function for this protein: A review. J. Dairy Sci., 1995, **78**, 978.

[12] Petritz E, Tritthart T, Wintersteiger R.: Determination of phylloquinone and cholecalciferol encapsulated in granulates formed by melt extrusion. J. Biochem. Biophys. Methods, 2006, **69 (1-2)**, 101.

[13] Pijanowski E, Dłużewski M, Dłużewska A, Jarczyk A.: Ogólna technologia żywności. WNT, Warszawa 1996.

[14] Stahl K, Claesson M, Lilliehorn P, Lindén H, Bäckström K.: The effect of process variables on the degradation and physical properties of spray dried insulin intended for inhalation. Int. J. Pharm., 2002, **233**, 227.

[15] Świderski F., Waszkiewicz-Robak B.: Bioaktywne peptydy i białka jako składniki żywności funkcjonalnej i dietetycznej. XXXI Sesja Nauk. KTiChŻ PAN, Poznań 2000, s. 95.

[16] Witrowa-Rajchert D., Samborska K.: Metody suszenia mikroorganizmów i produktów syntezy mikrobiologicznej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2002, **2 (31)**, 5.

[17] Van Arsdel W.B.: Properties of water, water vapor and air. In: Food Dehydration. Eds. WB Van Arsdel, MJ Copley, The Avi Publishing Company, Westport, 1963.

USING BINDING FEATURE OF B-LACTOGLOBULIN TO BIND CHOLECALCYFEROL

S u m m a r y

Fortifying food with a fat-soluble vitamin D_3 (cholekalcyferol) is usually carried out using some carriers that are fat derivatives. Based on the amino-acid sequence in β-lactoglobulin (β-LG) chain and on the results of research into its 3-dimensional structure, the β-lactoglobulin can be classified into a family of lipocalins. Consequently, it is possible to use β-lactoglobulin as a carrier of vitamin D_3 in food products with a reduced fat content. Under the scope of study, complex compounds of β-lactoglobulin with vitamin D_3 were developed and a preparation in the form of powder was produced. Spray drying and freeze drying processes were applied since those two methods are most frequently recommended in food industry to dry thermo-changeable substances. Next, using an HPLC analysis, the content of vitamin D_3 was determined in the complex compounds developed, and the assessment was performed of the effect of the technological process applied on the content of vitamin D_3 in the products. The research results confirmed the potential of producing complexes of β-lactoglobulin with cholecalciferol. The level of cholecalciferol in the spray-dried samples was comparable to the level of D_3 in the freeze-dried sample. It was found that the material feed flux impacted the content of vitamin D_3 in the complex compounds developed, whereas the process temperature during spray-drying was found to have no impact on the content of vitamin D_3 therein.

Key words: β-lactoglobulin, vitamin D3, spray drying, freeze drying

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 107 – 118

BARTOSZ SOŁOWIEJ

WPŁYW κ-KARAGENU NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH

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

Celem niniejszej pracy było otrzymanie oraz ocena właściwości teksturalnych i topliwości analogów serów topionych z dodatkiem κ-karagenu. Twardość otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 10 mm (prędkość przesuwu 1 mm/s, stała temperatura 21°C). W teście przebijania (puncture test) określano siłę potrzebną do zagłębienia próbnika na 20 mm. Teksturę otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 15 mm (prędkość przesuwu 1 mm/s, stała temperatura 21 ºC). W profilowej analizie tekstury (TPA) określano następujące cechy: przylegalność, sprężystość i żujność analogów serowych. Za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ przy użyciu przystawki Helipath (F) dokonywano badań lepkości analogów serów topionych. Pomiarów topliwości dokonywano zmodyfikowanym testem Schreibera. Zwiększanie zawartości κ-karagenu w przedziale 0,05 - 0,3 % powodowało zwiększenie twardości i żujności, a zmniejszenie przylegalności oraz topliwości analogów serów topionych. Dodatek κ-karagenu w ilości 0,05 - 0,3 % nie wpłynął na zmniejszenie sprężystości analogów serów topionych. Zwiększanie zawartości κ-karagenu w przedziale 0,05 - 0,3 % powodowało zwiększenie lepkości badanych próbek na bazie 11 i 12 % kazeiny kwasowej, natomiast zmniejszenie lepkości w przypadku 13 % kazeiny kwasowej, w porównaniu z analogami wzorcowymi.

Słowa kluczowe: analogi serów topionych, kazeina kwasowa, κ-karagen, tekstura, topliwość

Wprowadzenie

Hydrokoloidy są wysokocząsteczkowymi hydrofilowymi biopolimerami powszechnie stosowanymi w przemyśle spożywczym, służącymi jako funkcjonalne dodatki kształtujące strukturę oraz zapewniające stabilność produktów żywnościowych. Są to substancje o charakterze polisacharydowym (gumy) lub białkowym, które rozpuszczają się lub pęcznieją w zimnej lub gorącej wodzie, tworząc roztwory lepkie lub układy dyspersyjne [7]. Hydrokoloidy mogą pełnić funkcje stabilizatorów pian, emulsji i układów dyspersyjnych, emulgatorów, zagęstników, substancji żelujących. Są doda-

Dr inż. B. Sołowiej, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin

wane do wyrobów cukierniczych i ciastkarskich, mięsnych i garmażeryjnych, przetworów mlecznych oraz koncentratów spożywczych. Dodaje się je także do produktów tradycyjnych, jak również z ich udziałem wytwarzane są produkty niskokaloryczne o zmniejszonej zawartości tłuszczu. Hydrokoloidy polisacharydowe, np. karageny, galaktomannany, pektyny pełnią dodatkowo funkcję błonnika pokarmowego, dlatego często są składnikiem dietetycznych środków spożywczych wspomagających odchudzanie [27]. Ponadto szybko stwarzają odczucie sytości, jak również wydłużają czas pasażu żywności przez jelita [24]. Podobnie jak preparaty białkowe mogą pełnić funkcję zarówno substancji wzbogacających przy produkcji żywności funkcjonalnej i dietetycznej, jak i substancji wiążących wodę, emulgujących tłuszcz zastępujących mięso w przetworach mięsnych, w żywności wegetariańskiej oraz żywności o obniżonej wartości energetycznej [16].

Rynek analogów serowych rozwinął się szczególnie w Stanach Zjednoczonych. Bodźcem rozwoju tych produktów był niższy koszt wyprodukowania analogu sera niż jego naturalnego odpowiednika [17]. Do produkcji analogów serowych mogą być stosowane substancje dodatkowe tj. błonnik, hydrokoloidy, przyprawy oraz środki wiążące. Można je dodawać oddzielnie lub w mieszaninie [12]. Analogi serów topionych są przykładem produktu, w którym zastąpienie jednego lub kilku składników innymi nie spowoduje technicznych ani technologicznych problemów. Taka zmiana receptury pozwala więc w prosty sposób obniżyć koszty produkcji i otrzymać produkt o wysokich właściwościach odżywczych, w pełni zaspokajający oczekiwania konsumentów. Obserwowane w opracowywaniu nowych receptur tendencje są związane ze zmieniającymi się nawykami żywieniowymi [4].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu κ-karagenu na właściwości teksturalne i topliwość analogów serów topionych otrzymanych z kazeiny kwasowej.

Materiał i metody badań

Do badań użyto kazeiny kwasowej (KK) – 85,68 % (Polsero Sp. z o.o., Sokołów Podlaski), bezwodnego tłuszczu mlecznego (BTM) (SM Mlekovita, Wysokie Mazowieckie), κ-karagenu (KAR) (SIGMA Chemical, St. Louis, USA), bezwodnego kwaśnego fosforanu dwusodowego, kwasu cytrynowego i wodorotlenku sodu (P.P.H. POCH, Gliwice). Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla [1].

Proces produkcji analogu sera topionego

Mieszano z wodą destylowaną κ-karagen w ilości: 0,05; 0,1; 0,2 lub 0,3 %, przy użyciu mieszadła magnetycznego (MR 3002S Heidolph, Niemcy). Następnie dodawano roztopiony w temp. 45 °C bezwodny tłuszcz mleczny (30 %) i kazeinę kwasową w ilości odpowiadającej 11, 12 lub 13 %. Całą mieszaninę umieszczano w pojemniku homogenizatora (H 500 Pol-Eko Aparatura, Wodzisław Śląski). Mieszano przez 2 min

przy 10000 obr./min. Następnie dodawano roztworu topnika (2 %), ustalano pH na poziomie 6,2 za pomocą kwasu cytrynowego lub wodorotlenku sodu przy użyciu pH-metru (CP-315, Elmetron, Zabrze) i zanurzano w łaźni wodnej o temp. 80 ºC. Całość homogenizowano przez 10 min przy 10000 obr./min. Gotowe analogi serowe wylewano do zlewek w ilości 40 ml. Produkt przechowywano w temperaturze 20 ± 2 ºC przez 30 min celem ostygnięcia, a następnie przechowywano przez 24 h w temp. 5 ºC.

Test przebijania (puncture test)

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Próbki sera badano za pomocą próbnika cylindrycznego Ø 10 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (z 3 pomiarów w każdym z 3 powtórzeń) rejestrowane były przez program Texture Expert version 1.22. W punktowym badaniu tekstury określano siłę potrzebną do zagłębienia próbnika na 20 mm.

Profilowa analiza tekstury (TPA)

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Próbki sera badano za pomocą próbnika cylindrycznego o Ø 15 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (z 6 pomiarów w każdym z 3 powtórzeń) rejestrowane były przez program Texture Expert version 1.22. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano następujące cechy: przylegalność, sprężystość i żujność analogów serów topionych.

Reometria rotacyjna

Pomiarów dokonywano za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ (Stoughton, MA, USA) przy użyciu przystawki Helipath (F). Podczas pomiaru wrzeciono było zanurzone w badanej próbce. Próbki sera badano w stałej temp. 20 ºC, przy stałej prędkości wrzeciona V = 0,5 obr./min. Wyniki (z 3 pomiarów w każdym z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo w programie Win Gather V1,0. W badaniach tych określano lepkość otrzymanych analogów serów topionych.

Pomiar topliwości (zmodyfikowany test Schreibera)

Metoda polega na roztopieniu próbki analogu sera topionego w postaci krążka o średnicy 41 mm i wysokości 4,8 mm na płytce Petriego w kuchence mikrofalowej poprzez 30-sekundowe ogrzewanie o mocy 300 W. Roztopioną próbkę porównywano ze wzorcem, zliczano punkty w 6 miejscach, a następnie wyliczano z nich średnią topliwości [14]. Wykonano po 3 pomiary w każdym z 3 powtórzeń. Zakres skali w teście Schreibera wynosi od 0 do 10 jednostek i oznacza, że powyżej 4 uzyskuje się dobrą topliwość; natomiast poniżej 4 nieodpowiednią.

Analiza statystyczna

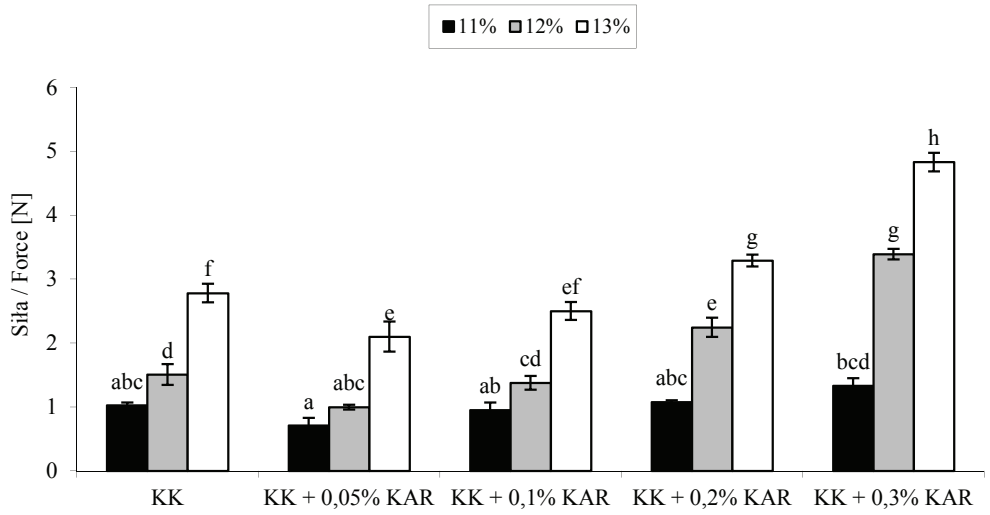
Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 7.0 PL. W celu określenia wpływu κ-karagenu oraz kazeiny kwasowej na właściwości teksturalne i topliwość analogów serów topionych zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA), wykorzystując test post-hoc Tukey'a na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Pierwszy etap badań miał na celu określenie właściwości teksturalnych analogów serów topionych za pomocą testu przebijania (puncture test), w którym określano twardość badanych próbek oraz analizy profilowej tekstury (TPA), za pomocą której określano przylegalność, sprężystość i żujność analogów serów topionych.

Twardość jest siłą niezbędną do osiągnięcia określonej deformacji produktu [21]. Według kryterium twardości produkty żywnościowe można podzielić na miękkie, zwięzłe i twarde [23]. Na rys. 1. przedstawiono wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i κ-karagenu (KAR) na twardość analogów serów topionych. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększającą się zawartością kazeiny zwiększała się ich twardość. Dodatek κ-karagenu w ilości 0,2 i 0,3 % powodował dalsze zwiększenie twardości badanych próbek na bazie 12 i 13 % kazeiny kwasowej w porównaniu z próbkami kontrolnymi o tym samym stężeniu. Niższe stężenie karagenu (0,05 i 0,1 %) pozwoliło otrzymać analogi o mniejszej lub takiej samej twardości jak próbki wzorcowe (KK). Największą twardością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 13 % KK + 0,3 % KAR (4,83 N), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 11 % KK + 0,05 % KAR (0,71 N). Oznacza to, że do ich przebicia potrzebna była siła odpowiednio 4,83 N i 0,71 N.

Podobne wyniki osiągnęli Cernikova i wsp. [3], badając wpływ wybranych hydrokoloidów jako zamienników topników w produkcji serów topionych. Badacze zaobserwowali, że dodatek κ- i ι-karagenu w stężeniu 0,2 - 1 % powodował zwiększanie twardości serów topionych. Również w pracy Lee i Brummela [13] zastosowanie hydrokoloidów jako zamiennika tłuszczu spowodowało zwiększenie twardości serów topionych. Potwierdzają to także badania Kiziloza i wsp. [11], dotyczące wpływu skrobi kukurydzianej oraz κ-karagenu (0,5 - 3 %) na strukturę niskobiałkowych analogów serowych na bazie kazeiny podpuszczkowej. Natomiast Tunick i wsp. [26] stwierdzili, że tworzenie kompleksów przez micele lub submicele kazeinowe na powierzchni kuleczek tłuszczu mlecznego zwiększało twardość sera.

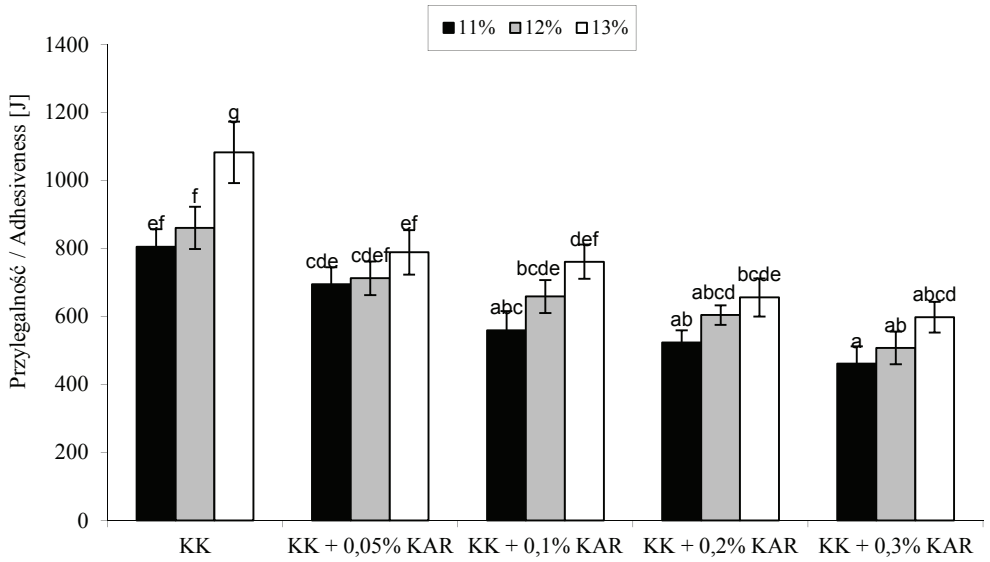


a - h – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 1. Wpływ stężenia kazeiny i κ-karagenu na twardość analogów serów topionych.
Fig. 1. Effect of casein and κ-carrageenan concentration on hardness of processed cheese analogues.

Duża przylegalność serów, w przypadku serów pakowanych, zwłaszcza topionych, jest jednym z parametrów ograniczających ich spożycie. Konsumenci nie preferują produktów, od których trudno oddziela się opakowanie [20]. Ponadto przylegalność jest cechą, która wpływa na plasterkowanie serów topionych [2]. Ze względów teksturalnych przylegalność jest siłą potrzebną do pokonania sił przyciągania pomiędzy produktem a powierzchnią styku maszyny testującej próbkę. W znaczeniu sensorycznym jest to siła potrzebna do usunięcia materiału, który przylega do podniebienia, podczas procesu jedzenia [21]. Według kryterium przylegalności produkty żywnościowe można podzielić na kleiste, klejące oraz zlepiające [23].

Wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i κ-karagenu (KAR) na przylegalność analogów serów topionych przedstawiono na rys. 2. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększeniem zawartości kazeiny zwiększała się ich przylegalność, jednakże przylegalność analogów serów topionych w miarę zwiększania stężenia κ-karagenu była mniejsza w porównaniu z próbkami kontrolnymi (KK). Największą przylegalnością cechowały się analogi serów topionych otrzymane z 13 % KK (1082,58 J), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 11 % KK + 0,3 % KAR (461,24 J).



a - g – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p<0,05$) / Differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p<0.05$).

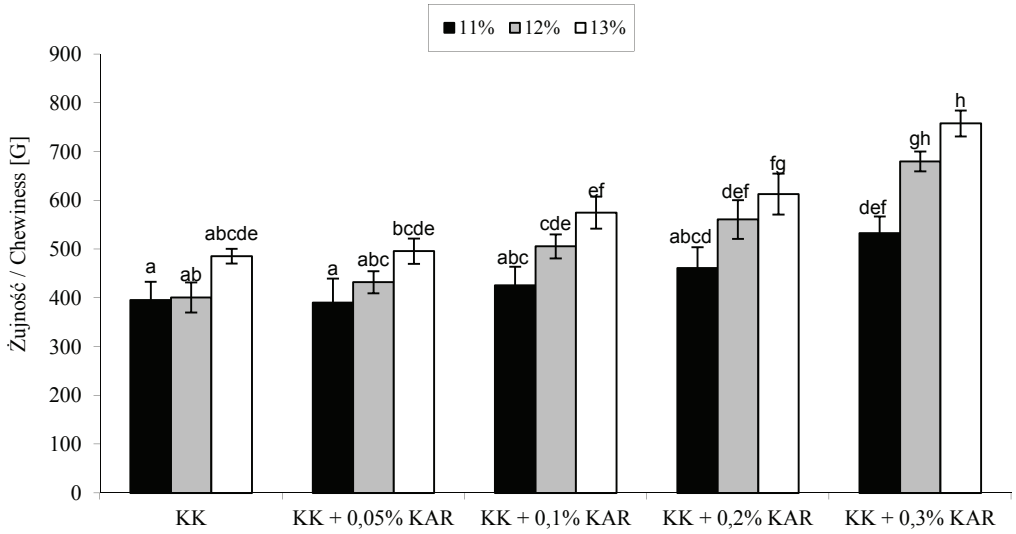
Rys. 2. Wpływ stężenia kazeiny i κ-karagenu na przylegalność analogów serów topionych.
Fig. 2. Effect of casein and κ-carrageenan concentration on adhesiveness of processed cheese analogues.

W pracy Gustawa i Mleko [9], dotyczącej analogów serów topionych z dodatkiem izolatu białek serwatkowych, zastosowanie hydrokoloidów spowodowało również zmniejszenie przylegalności badanych analogów. W innej pracy Gustawa i wsp. [10], dotyczącej otrzymywania deserów mlecznych z białek serwatkowych z dodatkiem skrobi i karagenu sugerowano, że specyficzne oddziaływania pomiędzy polisacharydem a micelami kazeiny spowodowane są elektrostatycznym przyciąganiem, występującym pomiędzy łańcuchami karagenu a κ-kazeiną. Natomiast Thapa i Gupta [25] wykazali, że zmniejszenie zawartości wody i zwiększenie poziomu emulgatora w serach topionych wpłynęło na zwiększenie ich przylegalności.

Sprężystość jest miarą powrotu do pierwotnego stanu po tym, jak pierwsza siła zostaje usunięta. W ujęciu sensorycznym jest to stan, do którego powraca produkt po procesie ściskania między zębami [21]. Według kryterium sprężystości produkty żywnościowe dzieli się na: sprężyste i elastyczne [23]. Wszystkie badane analogi osiągnęły bardzo podobne wartości (0,95 - 0,99), co świadczyło o bardzo wysokiej sprężystości próbek (dane nie zamieszczone). Podobne wnioski uzyskano w pracy własnej [20],

gdzie stwierdzono, że sprężystość nie zależy od stężenia białka i jest cechą niezależną od twardości czy innych cech tekstury.

Żujność jest miarą energii potrzebnej do zmiażdżenia produktu do jednolitego stanu przed połknięciem [21]. Według kryterium żujności produkty żywnościowe można podzielić na: kruche, ciągliwe lub twarde [23]. Dodatek κ-karagenu w ilości 0,1 - 0,3 % powodował zwiększenie żujności badanych próbek w porównaniu z próbkami kontrolnymi (KK) (rys. 3). Mniejsze stężenie κ-karagenu (0,05 %) pozwoliło otrzymać analogi o żujności bardzo podobnej do żujności próbek wzorcowych. Największą żujnością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 13 % KK + 0,3 % KAR (757,89 G), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 11 % KK + 0,05 % KAR (390,52 G) oraz 11 % KK (395,96 G).



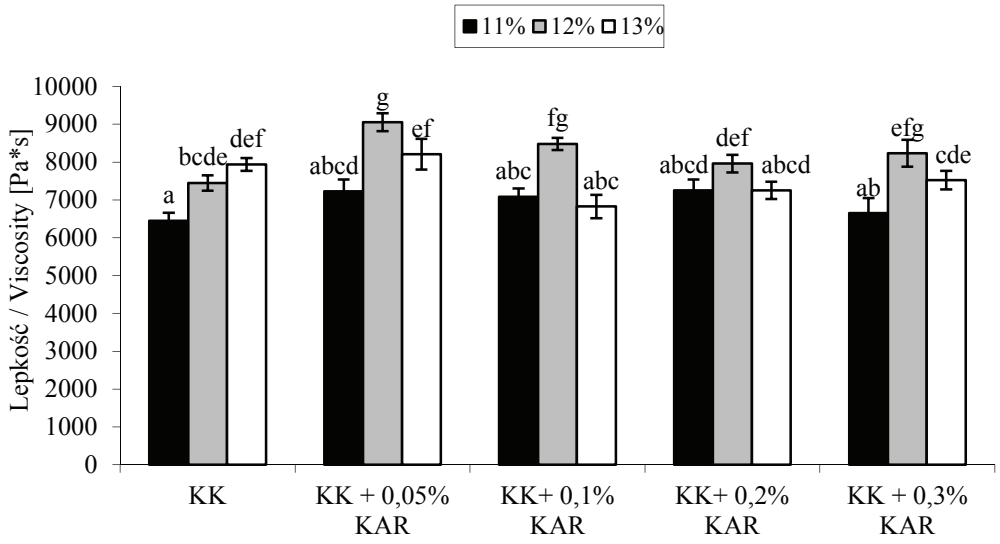
a - h – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / Differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 3. Wpływ stężenia kazeiny i κ-karagenu na żujność analogów serów topionych.
Fig. 3. Effect of casein and κ-carrageenan concentration on chewiness of processed cheese analogues.

Gupta i Reuter [8] w badaniach dotyczących analogów serów topionych na bazie kazeiny podpuszczkowej z dodatkiem koncentratów białek serwatkowych stwierdzili, że żujność wzrastała w miarę dodatku białka i wraz ze zmniejszaniem zawartości wody. Potwierdzają to badania własne [20], dotyczące wpływu sproszkowanych preparatów serwatkowych na teksturę analogów serów topionych na bazie kazeiny kwasowej.

Drugi etap badań miał na celu określenie lepkości i topliwości analogów serów topionych za pomocą reometrii rotacyjnej oraz zmodyfikowanego testu Schreibera.

Na rys. 4. przedstawiono wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i κ-karagenu (KAR) na lepkość analogów serów topionych. W przypadku analogów wzorcowych wraz ze zwiększeniem zawartości kazeiny zwiększała się ich lepkość. Dodatek κ-karagenu powodował zwiększenie lepkości badanych próbek na bazie 11 i 12 % kazeiny kwasowej, natomiast zmniejszenie lepkości w przypadku 13 % kazeiny kwasowej, w porównaniu z próbkami wzorcowymi (KK). Największą lepkością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 12 % KK + 0,05 % KAR (9053,33 Pa·s), natomiast najmniejszą analogi wzorcowe otrzymane z 11 % KK (6446,67 Pa·s).



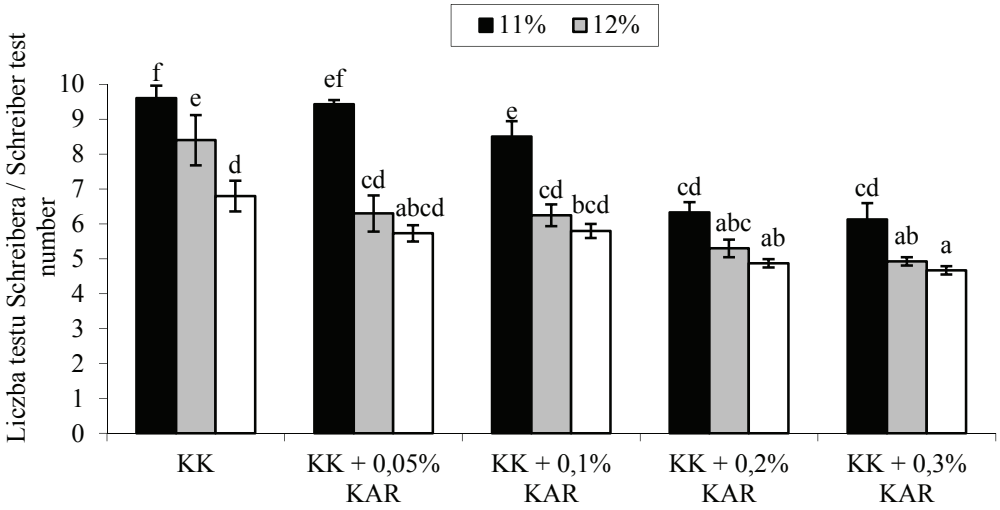
a - g – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / Differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 4. Wpływ stężenia kazeiny i κ-karagenu na lepkość analogów serów topionych.
Fig. 4. Effect of casein and κ-carrageenan concentration on viscosity of processed cheese analogues.

W badaniach przeprowadzonych przez Plutę i wsp. [15], w przypadku serów topionych z dodatkiem hydrokoloidów, dodatek mączki chleba świętojańskiego powodował zwiększenie lepkości w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Dimitreli i Thomareis [6] stwierdzili, że wzrost lepkości serów topionych podczas przetwarzania spowodowany jest przez fazę ciągłą (woda + białko), a nie przez fazę zdyspergowaną (ciekły tłuszcz). Corredig i Dalgleish [5], badając wzajemne oddziaływania

α-laktoalbuminy, β-laktoglobuliny i kazeiny dowiedli, że białka te łączą się podczas obróbki termicznej. Przyłączanie białek serwatkowych do kazeiny powoduje zwiększenie masy molowej powstałych agregatów, a tym samym wzrost lepkości. W miarę koncentracji białka lepkość roztworów wzrastała, co może świadczyć o interakcji uwodnionych cząsteczek białka. Potwierdzają to również badania własne [18, 19], dotyczące wpływu preparatów serwatkowych na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych na bazie kazeiny kwasowej.

Wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i κ-karagenu (KAR) na topliwość analogów serów topionych przedstawiono na rys. 5. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększaniem się zawartości kazeiny zmniejszała się ich topliwość. Dodatek κ-karagenu, jak również zwiększenie jego stężenia w gotowym produkcie powodowało dalsze zmniejszanie się ich topliwości w porównaniu z próbkami kontrolnymi (KK). Największą topliwością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 11 % KK (9,6), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 13 % KK + 0,3 % KAR (4,67). Jednak wszystkie badane próbki cechowały się akceptowaną topliwością (powyżej 4).



a - f – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / Differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 5. Wpływ stężenia kazeiny i κ-karagenu na topliwość analogów serów topionych.
Fig. 5. Effect of casein and κ-carrageenan concentration on meltability of processed cheese analogues.

Badania Kiziloza i wsp. [11], dotyczące wpływu skrobi kukurydzianej oraz κ-karagenu na strukturę niskobiałkowych analogów serowych na bazie kazeiny podpuszczkowej dowiodły, że dodatek karagenu w ilości 0,5 - 3 % powodował znaczne zmniejszenie ich topliwości. W przypadku tradycyjnych serów topionych również obserwowano mniejszą topliwość po dodaniu hydrokoloidów [22], chociaż zastąpienie białek sera nawet w 80 % mieszaniną kazeiny i β-laktoglobuliny nie spowodowało znaczących różnic w topliwości badanych serów. Cernikova i wsp. [3], badając wpływ wybranych hydrokoloidów jako zamienników topników w produkcji serów topionych, stwierdzili że dodatek κ- i ι-karagenu do produktu powodował zmniejszenie jego topliwości. Mleko i Foegeding [14] zaobserwowali, że analogi serów topionych otrzymane ze wszystkich białek mleka, częściowo zastąpione przez kazeinę podpuszczkową charakteryzowały się mniejszą topliwością w porównaniu z próbkami wzorcowymi. W kontekście topliwości sery topione mogą być rozpatrywane jako dwuskładnikowy układ złożony z topliwej sieci kazeinowej i nietopliwej sieci utworzonej z białek serwatkowych. Prawdopodobnie w wyższej temperaturze jest możliwa agregacja białek serwatkowych lub interakcja pomiędzy białkami serwatkowymi i kazeiną, która powoduje wzrost sprężystości serów topionych. Zhan [28] stwierdził, że uwodnienie otoczki białka pełni ważną rolę w kontrolowaniu topliwości analogów serów topionych.

Wnioski

1. Zwiększanie zawartości κ-karagenu w przedziale 0,05 - 0,3 % powodowało zwiększenie twardości i żujności, a zmniejszenie przylegalności oraz topliwości analogów serów topionych.
2. Dodatek κ-karagenu w ilości 0,05 - 0,3 % nie wpłynął na zmniejszenie sprężystości analogów serów topionych.
3. Zwiększanie zawartości κ-karagenu w przedziale 0,05-0,3 % powodowało zwiększenie lepkości badanych próbek na bazie 11 i 12 % kazeiny kwasowej, natomiast zmniejszenie lepkości w przypadku 13 % kazeiny kwasowej, w porównaniu z analogami wzorcowymi.

Literatura

[1] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis (14th Ed.), Arlington, VA, 1984.

[2] Awad S., Hassan A., Mistry V.: Impact of exopolysaccharide-containing base Cheddar cheese on reduced fat process cheese. Milchwissenschaft – Milk Sci. Int., 2010, **65 (2)**, 173-176.

[3] Cernikova M., Bunka F., Pospiech M., Tremlova B., Hladka K., Pavlinek V., Brezina P.: Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. Int. Dairy J., 2010, **20**, 336-343.

[4] Cichosz G.: Technologia serów topionych. Oficyna Wyd. „Hoża", Warszawa 2000.

[5] Corredig M., Dalgleish D.G.: The mechanisms of heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk. Int. Dairy J., 1999, **9**, 233-236.
[6] Dimitreli G., Thomareis A.S.: Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. J. Food Eng., 2004, **64**, 265-271.
[7] Djagny V.B., Wang Z., Xu S.: Gelatin: A valuable protein for food and pharmaceutical industries: review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2001, **41 (6)**, 481-492.
[8] Gupta V.K, Reuter H.: Processed cheese foods with added whey protein concentrates. Lait, 1992, **72**, 201-212.
[9] Gustaw W., Mleko S.: The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. Milchwissenschaft - Milk Sci. Int., 2007, **62 (1)**, 59-62.
[10] Gustaw W., Sołowiej B., Mleko S.: Otrzymywanie deserów z białek serwatkowych z dodatkiem skrobi i karagenu. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **4 (45)** Supl., 100-109.
[11] Kiziloz M.B., Cumhur O., Kilic M.: Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. Food Hydroll., 2009, **23**, 1596-1601.
[12] Kratochvil J.F.: Imitation cheese product. United Kingdom Patent Application, 2165134 A, 1986, p.1-8.
[13] Lee K., Brummel S.E.: Fat reduction in processed cheese by added hydrocolloids (soluble fiber). XXIII International Dairy Congress, Montreal, Canada, 1990, October 8-12, Vol. II. p. 402 (762).
[14] Mleko S., Foegeding E.A.: Incorporation of polymerized whey proteins into processed cheese analogs. Milchwissenschaft - Milk Sci. Int., 2001, **56**, 612.
[15] Pluta A., Ziarno M., Smolińska A.: Możliwości hydrokoloidów w produkcji serów topionych. Przem. Spoż., 2000, **(5)**, 42-44
[16] Rutkowski A., Kozłowska H.: Preparaty żywnościowe z białka roślinnego. WNT, Warszawa 1981.
[17] Shaw M.: Cheese substitues: threat or opportunity? J. Society Dairy Tech., 1984, **37**, 27-31.
[18] Sołowiej B., Mleko S., Gustaw W.: Physicochemical properties of acid casein processed cheese analogs obtained with different whey products. Milchwissenschaft - Milk Sci. Int., 2008, **63**, 299-302.
[19] Sołowiej B., Gustaw W., Nastaj M.: Wpływ dodatku koncentratów białek serwatkowych na właściwości reologiczne analogów serów topionych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **5 (60)**, 226-234.
[20] Sołowiej B.: Analiza tekstury analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **5 (54)**, 292-300.
[21] Surówka K.: Tekstura żywności i metody jej badania. Przem. Spoż. 2002, **10**, 12-17.
[22] 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**, 822-825.
[23] Szcześniak A.S.: Texture is a sensory property. Food Qual. Prefer., 2002, **13**, 215-225.
[24] Świderski F., Waszkiewicz-Robak B.: Hydrokoloidy - substancje dodatkowe i składniki żywności specjalnego przeznaczenia. Przem. Spoż., 2001, **3**, 12-16.
[25] Thapa T.B., Gupta V.K.: Rheology of processed cheese foods with added whey protein concentrates. Indian J. Dairy Sci., 1992, **45**, 88-92.
[26] Tunick M.H., Malin E.L., Smith P.W., Shieh J.J., Sullivan B.C, Mackey K.L.: Proteolysis and rheology of low-fat and full-fat mozzarella cheeses prepared from homogenized milk. J. Dairy Sci., 1993, **76**, 3621-3628.
[27] Waszkiewicz-Robak B., Świderski F.: Hydrokoloidy w produkcji żywności funkcjonalnej. W: Hydrokoloidy w produkcji żywności. Red. A. Rutkowski. Polska Izba Dodatków do Żywności, Trans-Druk, Konin 2001, ss. 7-18.

[28] Zhan N.: The effect of milk fat, the ratio of casein to water and temperature and the viscoelastic properties of rennet casein gels. J. Dairy Sci., 1998, **81**, 2561-2571.

EFFECT OF κ-CARRAGEENAN ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES

S u m m a r y

The objective of this study was to manufacture processed cheese analogues with added κ-carrageenan and to evaluate their textural properties and meltability. The hardness of processed cheese analogues manufactured was measured using a TA-XT2i Texture Analyser and a 10 mm diameter cylindrical sampler (penetration rate: 1 mm/s; constant temperature: 21 ºC). Using a puncture test, the force was determined that allowed the sampler to sink 20 mm deep in the cheese. The texture of the processed cheese analogues was examined using a TA-XT2i Texture Analyser and a 15 mm diameter cylindrical sampler (penetration rate: 1 mm/s; constant temperature: 21 ºC). Using a texture profile analysis (TPA) determined were the parameters: adhesiveness, springiness, and chewiness of processed cheese analogues. The viscosity of processed cheese analogues was measured using a Brookfield DV II+ rotational viscometer with a Helipath Stand (F). The meltability of processed cheese analogues was analysed using a modified Schreiber test. An increase in the κ-carrageenan content ranging from 0.05 to 0.3 % caused the hardness and chewiness of the processed cheese analogues to increase, and their adhesiveness and meltability to decrease. The addition of κ-carrageenan in the amount from 0.05 to 0.3 % did not cause the springiness of processed cheese analogues to decrease. Along with the increasing content of κ-carrageenan in the range between 0.05 and 0.3 %, the viscosity of 11 % and 12 % acid casein-based samples increased, whereas the viscosity of 13 % acid casein-based samples decreased as compared to the model analogues.

Key words: processed cheese analogues, acid casein, κ-carrageenan, texture, meltability

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 119 – 130

TOMASZ SZABLEWSKI, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA,
ANNA KACZMAREK, JACEK KIJOWSKI

KONKURENCYJNE ODDZIAŁYWANIA MIKROORGANIZMÓW NA POWIERZCHNI SKORUP JAJ KONSUMPCYJNYCH

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

Wykazano, że patogenne mikroorganizmy ze środowiska kurnika mogą przenosić się na powierzchnię jaj konsumpcyjnych, co stwarza ryzyko bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów – potwierdzane liczbą rejestrowanych przypadków zatruć pokarmowych. Równocześnie z chorobotwórczymi bakteriami na skorupie występują również inne drobnoustroje, dlatego wykonano modelowe badania dotyczące przeżywalności i konkurencyjnych oddziaływań natywnej mikroflory skorupy z wybranymi patogenami. Przygotowano dwie grupy jaj o jałowionej i niejałowionej powierzchni skorupy, które zanieczyszczono inokulatami bakterii *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 i *S. enteritidis* PCM 843 oraz mieszaną kulturą obu bakterii. Próby przechowywano w warunkach chłodniczych przez 4 tygodnie. Oznaczenia mikrobiologiczne wykonano klasyczną metodę zalewową, posiewając homogenat skorup jaj na odpowiednie chromogenne podłoża. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że im dłuższy czas przechowywania jaj, tym mniej naniesionych bakterii znajduje się na skorupach, a nawet często zupełnie znikają. Wywołane jest to prawdopodobnie niekorzystnymi warunkami wzrostu na powierzchni skorupy jaj tj. niską aktywnością wody oraz małą dostępnością składników pokarmowych. Dodatkowo przeżywalność badanego szczepu *E. coli* na powierzchni jałowionej jest dużo większa aniżeli w przypadku skorup niejałowionych, co związane jest z brakiem konkurencji o siedlisko. Badany szczep *S. enteritidis* w każdym analizowanym przypadku istotnie korzystniej znosi konkurencję natywnej mikroflory na niejałowionej powierzchni skorupy aniżeli w przypadku jałowionej powierzchni skorupy. Bakterie *E. coli* zamierają na powierzchni skorupy jaj konsumpcyjnych podczas ich przechowywania znacznie szybciej aniżeli *S. enteritidis*. Dodatkowo proces ten jest intensyfikowany współwystępowaniem natywnej mikroflory powierzchni skorupy.

Słowa kluczowe: skorupa jaj, *S. enteritidis*, *E. coli*, konkurencja

Wprowadzenie

Na jakość mikrobiologiczną jaj może wpływać wiele czynników, takich jak: stan zdrowia niosek, system utrzymania, oddziaływanie mikroflory stałej i przejściowej,

Dr inż. T. Szablewski, dr R. Cegielska-Radziejewska, dr inż. A. Kaczmarek, prof. dr hab. J. Kijowski, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

zanieczyszczenie mikrobiologiczne paszy i pomieszczeń produkcyjnych, postępowanie z jajami bezpośrednio po zniesieniu i rodzaj stosowanych opakowań do jaj [1, 8, 13, 14, 15].

Skład jakościowy i ilościowy mikroflory izolowanej z kurnika zależy od systemu utrzymywania kur niosek [3, 6]. Bezściółkowy system chowu niosek wiąże się z powstawaniem gnojowicy. Oprócz odchodów ptaków zawiera ona także resztki paszowe, złuszczone nabłonki, kwasy tłuszczowe – ogółem około 150 różnych związków. Skład gnojowicy umożliwia rozwój i przetrwanie flory bakteryjnej nawet na poziomie 10^{14} komórek bakterii w 1 g. Mimo to na powierzchni jaj ogólna liczba mikroflory kształtuje się na poziomie 10^4-10^6 jtk [3, 14]. Wśród patogennych mikroorganizmów obserwuje się występowanie bakterii z grup: *Coli*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* i *Yersinia* [8, 10, 15]. W systemie ściółkowym jako podłoże stosuje się najczęściej siano lub słomę. W ściółce, oprócz bakterii pochodzących z odchodów niosek, znajduje się też mikroflora bytująca na roślinach, w tym również grzyby mikroskopowe i wytwarzane przez nie mikotoksyny w ściółce, ziarnach zbóż oraz paszach [3, 9].

Innym równie ważnym czynnikiem mogącym mieć wpływ na mikroflorę powierzchni skorupy jaj są ludzie [15]. Na powierzchni skóry człowieka, a zwłaszcza na skórze rąk, obserwuje się występowanie mikroflory stałej i przejściowej. Mikroflorę stałą stanowią Gram (+) ziarniaki, u niektórych osób występuje też niewielka liczba bakterii Gram (-) i drożdży. Do mikroflory przejściowej należą gronkowce koagulazododatnie oraz pałeczki *Salmonella*. Nosicielstwo gronkowców stwierdza się u 30 - 60 % osób [12]. Natomiast pałeczki *Salmonella* występują u około 30 - 40 % pracowników kurnika [3, 7]. Podobnie pasze i dodatki paszowe stosowane w żywieniu drobiu są istotnym czynnikiem wpływającym na jakość mikrobiologiczną jaj. Udowodniono, że wprowadzenie z paszą do organizmu ptaków pałeczek *Salmonella* powoduje ich zasiedlenie w przewodzie pokarmowym. Drobnoustrój ten jest sukcesywnie wydalany na zewnątrz w trakcie przechodzenia jaja przez kloakę, w momencie zniesienia [5, 11].

Na stan mikrobiologiczny powierzchni skorup jaj ma wpływ również stan higieniczny pomieszczeń produkcyjnych w zakładach pakujących i przetwarzających jaja. Determinowany jest on głównie poziomem higieny produkcji oraz warunkami mikroklimatycznymi. Dotyczy to szczególnie powszechnie występujących zarodnikujących pleśni produkujących mikotoksyny [4, 9]. Rodzaj stosowanych opakowań ma również istotny wpływ na jakość mikrobiologiczną jaj. Do powszechnego użytku weszły jednorazowe opakowania, co eliminuje możliwość wystąpienia zanieczyszczeń z poprzedniego wsadu. Papierowe opakowania, wykorzystywane do bezpośredniego pakowania żywności, mogą zawierać od kilku sztuk nawet do kilku milionów komórek bakterii w 1 g. Na powierzchni i wewnątrz papieru występują najczęściej spory laseczek tlenowych, które po nawilżeniu opakowania zaczynają kiełkować. Alternatywę stanowią opakowania z tworzyw sztucznych lub wykonane z aluminium czy celofanu. Tego typu

opakowania w mniejszym stopniu są zanieczyszczone drobnoustrojami niż opakowania papierowe. Tworzywa polietylenowe używane do produkcji opakowań łatwo przepuszczają powietrze, co sprzyja wzrostowi drobnoustrojów tlenowych [10].

Problem znacznego zanieczyszczenia bakteriami Gram (-) dotyczy w znacznej mierze stad towarowych kur niosek. Jednocześnie niebezpieczne mikroorganizmy ze środowiska kurnika mogą przenosić się na powierzchnię jaj konsumpcyjnych, co stwarza ryzyko bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów – potwierdzane liczbą rejestrowanych przypadków zatruć pokarmowych. Równocześnie z patogennymi bakteriami na skorupie występują również inne drobnoustroje, dlatego wykonano modelowe badania dotyczące przeżywalności i konkurencyjnych oddziaływań natywnej mikroflory skorupy z wybranymi patogenami.

Celem pracy było określenie wpływu oddziaływań konkurencyjnych między drobnoustrojami powierzchni skorupy jaj konsumpcyjnych na częstość występowania bakterii *Salmonella enteritidis* i *Escherichia coli.*

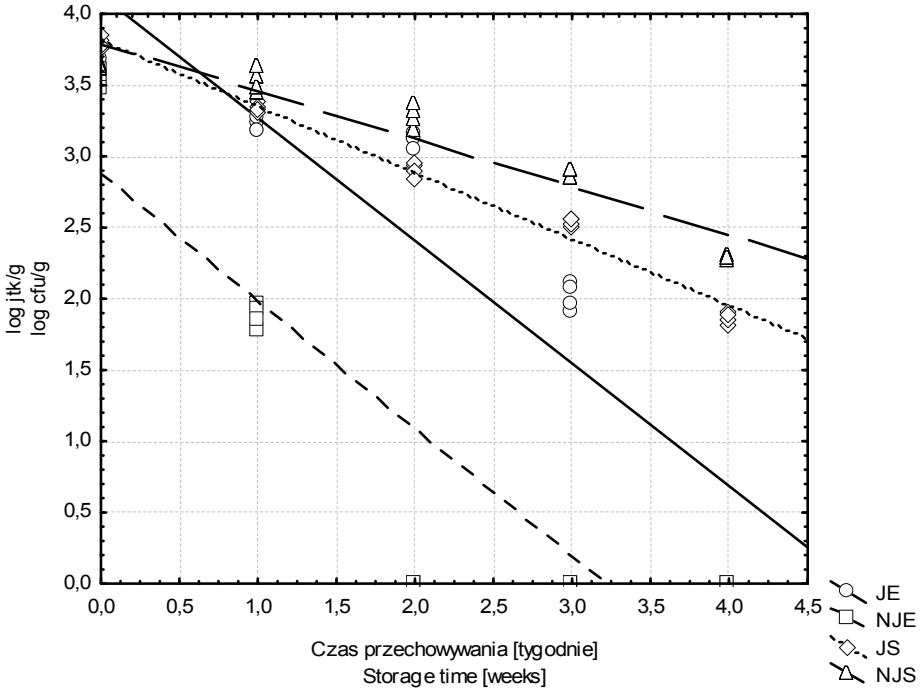
Materiał i metody badań

Do badań użyto jaja z chowu klatkowego. W tym celu przygotowano 2 grupy jaj. Jałowione w 70 % alkoholu etylowym przez 30 min i niejałowione – zawierające na powierzchni skorupy mikroflorę natywną. Jaja z grupy jałowionych po procesie sterylizacji przenoszono pojedynczo w warunkach jałowych do sterylnych pojemników i suszono. Podobnie postępowano z jajami niejałowionymi. Jaja jałowione podzielono na 3 grupy, a następnie zanieczyszczano ich skorupy przygotowanymi inokulatami bakterii *E. coli*, *S. enteritidis* oraz mieszaną kulturą obu bakterii wobec prób jaj kontrolnych (z natywną mikroflorą). W tym celu wykonywano posiew rysowy bakterii na podłoże chromogenne ChromAgar ECC (GRASO Stargard Gd.) lub analogicznie ChromAgar Salmonella (GRASO Stargard Gd.), na którym komórki bakterii *E. coli* rosną w postaci kolonii wybarwionych na niebiesko, a *S. enteritidis* na różowo. Posiewy inkubowano 24 h w temp. 37 °C, po czym nastawiano hodowle płynne, przesiewając pojedynczą kolonię do 3 ml bulionu odżywczego. Hodowle inkubowano przez 16 h w temp. 37 °C. Następnie pobierano 1 ml hodowli, przenoszono do 99 ml bulionu odżywczego i *E. coli* inkubowano przez 2 h, a *S. enteritidis* 4 h w temp. 37 °C. Dalej pobierano po 1 ml hodowli i przenoszono do 999 ml bulionu odżywczego w celu otrzymania odpowiedniego stężenia wyjściowego komórek, ok. 10^3 jtk/ml (wartości ustalono empirycznie). Następnie skorupy jaj zanieczyszczano, przetrzymując jaja w jałowych pojemnikach, do których dodawano 45 ml przygotowanych rozcieńczeń bakterii. Po upływie 15 min inokulaty zlewano, a jaja poddawano suszeniu przez 1 h w warunkach jałowych. Dalej pojemniki zamykano i przechowywano w warunkach chłodniczych. Próby mikrobiologiczne przygotowywano przez homogenizację skorup z 3 jaj. Z uzyskanych prób pobierano 10 g skorup, przenoszono do 90 ml zbuforowanej

wody peptonowej i homogenizowano. Następnie przygotowywano dalsze rozcieńczenia dziesiętne. Z każdego rozcieńczenia dokonywano posiewu, wykorzystując klasyczną metodę zalewową odpowiednimi pożywkami chromogennymi. Ponadto jaja niejałowione zanieczyszczone odpowiednimi kulturami bakterii i jaja kontrolne posiewano w kierunku ogólnej liczby bakterii tlenowych, stosując klasyczną metodę zalewową agarem odżywczym. Próby inkubowano w temp. 37 °C przez 24 h. Po upływie tego czasu dokonywano odczytu wyrosłych kolonii. Do odczytu wybierano płytki z tych rozcieńczeń, których liczba wyrosłych kolonii nie przekraczała 300. Otrzymane wyniki wyrażano w jtk/g skorupy.

Omówienie wyników

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono istotny wpływ sposobu preparacji powierzchni skorupy jaj na początkowe jej zanieczyszczenie badanymi bakteriami. Na skorupie jałowionej w każdym przypadku obserwowano większe początkowe stężenie komórek na gram skorupy, ponieważ powierzchnię skorup niejałowionych zasiedla już natywna mikroflora, stąd ograniczona możliwość naniesienia dodatkowej liczby patogenów (rys. 1). Ponadto zaobserwowano istotne różnice w zmianie liczby bakterii podczas przechowywania jaj zanieczyszczonych badanymi mikroorganizmami. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania liczba bakterii zmniejszała się często aż do całkowitego zaniku. Związane to było z niekorzystnymi warunkami wzrostu na powierzchni skorupy jaj. Największe znaczenie odgrywała niska aktywność wody oraz mała dostępność składników pokarmowych. W przypadku *E. coli* dynamika zmian była dodatkowo związana ze sposobem preparacji powierzchni skorupy. Przeżywalność *E. coli* na powierzchni jałowionej była dużo wyższa aniżeli w przypadku skorup niejałowionych. Wynika to prawdopodobnie z braku konkurencji o siedlisko. Natywna mikroflora powierzchni skorupy skutecznie konkurowała o składniki pokarmowe z *E. coli*, która zanikła na powierzchni niejałowionej po trzech tygodniach przechowywania (rys. 1).

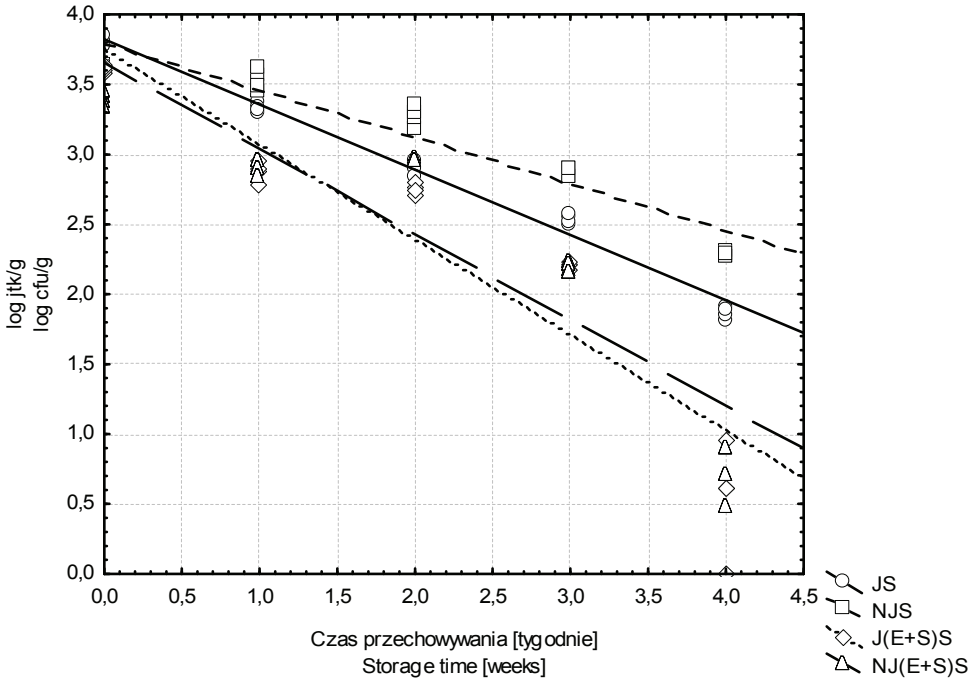


Rys. 1. Zmiana liczby bakterii *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) i *S. enteritidis* PCM 843 (S) w zależności od stanu powierzchni skorupy: jałowiona (J) i niejałowiona (NJ).

Fig. 1. Change in count of *E. coli* O2: H1: K4 PCM 413 (E) and *S. enteritidis* PCM 843 (S) bacteria depending on condition of eggshell surface: sterilized (J) and unsterilized (NJ).

Natomiast bakterie *S. enteritidis* w każdym analizowanym przypadku nieznacznie lepiej znosiły konkurencję na niejałowionej powierzchni skorupy aniżeli w przypadku ich występowania na jałowionej powierzchni skorupy (rys. 2).

Podobna tendencja utrzymywała się także w przypadku kiedy *S. enteritidis* nanoszona była na powierzchnię skorup jaj razem z bakteriami *E. coli*. Ponadto zaobserwowano różnice pod względem liczby komórek *S. enteritidis* zależnej także w czasie od współwystępowania z *E. coli*. W każdym przypadku podczas współwystępowania naniesionych patogenów, porównując z naniesioną monokulturą, liczba komórek była mniejsza (rys. 2). Wynikało to z ograniczonych możliwości skorupy do przyjmowania dodatkowej liczby komórek bakteryjnych.

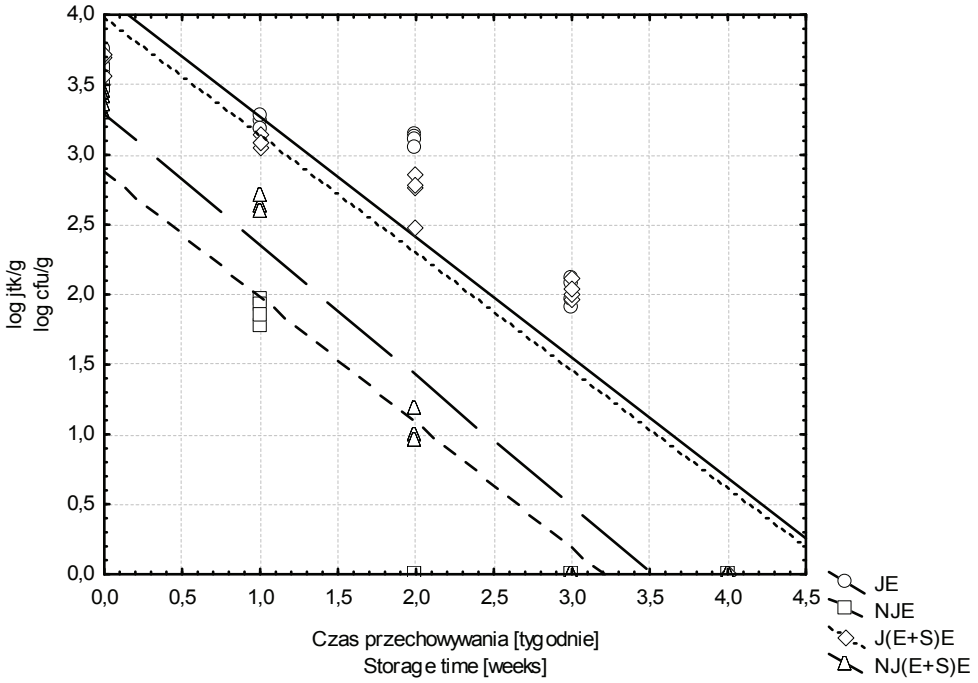


Rys. 2. Zmiana liczby bakterii *S. enteritidis* PCM 843 (S) w zależności od stanu powierzchni skorupy: jałowiona (J) i niejałowiona (NJ) i współwystępowania z *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E+S).

Fig. 2. Change in count of *S. enteritidis* PCM 843 (S) bacteria depending on condition of eggshell surface: sterilized (J), unsterilized (NJ), and on coexistence with *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E+S).

E. coli lepiej znosiła warunki panujące na powierzchni skorupy jaj jałowionych. W przypadku kiedy współwystępowała z natywną mikroflorą ginęła po trzech tygodniach (rys. 3).

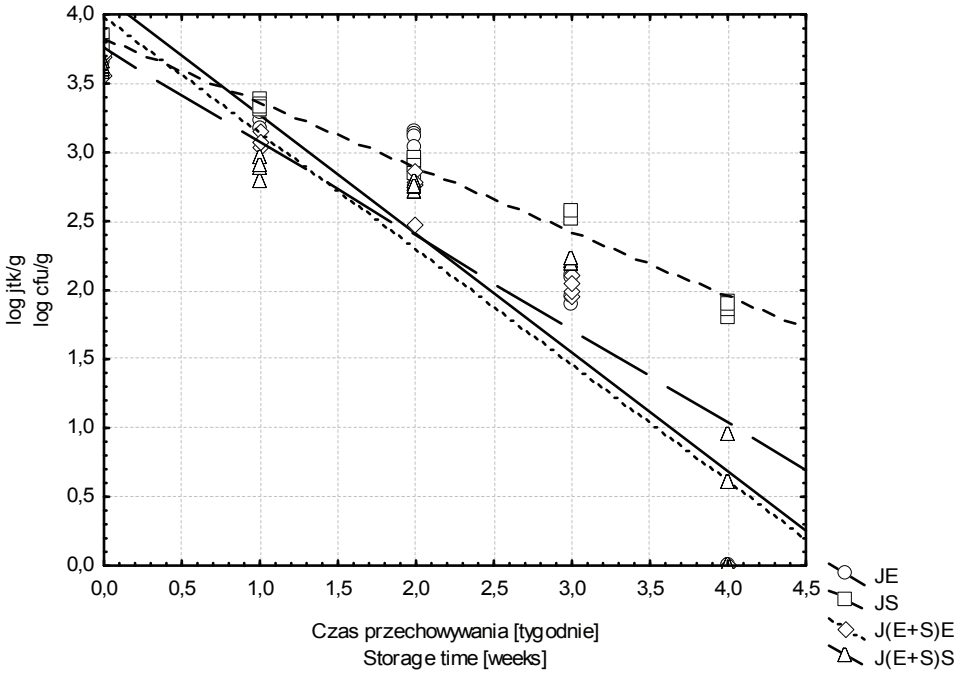
Dodatkowo komórki *E. coli* podczas współwystępowania tylko z *S. enteritidis* na powierzchni skorup jałowionych lepiej znoszą niekorzystne warunki środowiska, aniżeli współwystępują z natywną mikroflorą. Związane jest to z konkurencyjnym oddziaływaniem bakterii z rodzaju *Lactobacillus* obecnych na powierzchni jaj. Wykazano bowiem inhibitujący wpływ bakterii kwasu mlekowego na pałeczki z rodziny *Enterobacteriaceae* [2, 16]. Ponadto *E. coli* na niejałowionej powierzchni, współwystępując z *S. enteritidis*, ginęła po ponad trzech tygodniach przechowywania (rys. 5), podczas gdy *S. enteritidis* w analogicznej sytuacji współwystępując z *E. coli* przeżywała ponad cztery tygodnie (rys. 2).



Rys. 3. Zmiana liczby bakterii *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) w zależności od stanu powierzchni skorupy: jałowiona (J) i niejałowiona (NJ) i współwystępowania z *S. enteritidis PCM 843* (E+S).

Fig. 3. Change in count of *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) bacteria depending on condition of eggshell surface: sterilized (J), unsterilized (NJ), and on coexistence with *S. enteritidis PCM 843* (E+S).

Analizując doświadczenie w aspekcie wrażliwości komórek *E. coli* i *S. enteritidis* oddzielnie na podstawie zmiany ich liczby na jałowej i niejałowej powierzchni skorupy zaobserwowano, że *E. coli* była znacznie wrażliwsza *od S. enteritidis* na niekorzystne warunki panujące na skorupie. Ponadto obecność komórek *S. enteritidis* konkurujących o siedlisko przyczyniała się do inaktywacji *E. coli* na powierzchni skorupy (rys. 4). Tendencja ta była utrzymana i dodatkowo wzmocniona współwystępowaniem natywnej mikroflory na powierzchni skorupy (rys. 5). W tym przypadku różnice we wrażliwości gatunkowej badanych patogenów, wzajemnym ich oddziaływaniu oraz wpływ natywnej mikroflory były wyraźniejsze. Najmniej wrażliwe na warunki panujące na powierzchni skorupy były komórki *S. enteritidis*, a najbardziej *E. coli*, współwystępując jedynie z natywną mikroflorą.



Rys. 4. Zmiana liczby bakterii *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) i *S. enteritidis* PCM 843 (S) na powierzchni jałowej skorupy (J) i współwystępowania (E+S).

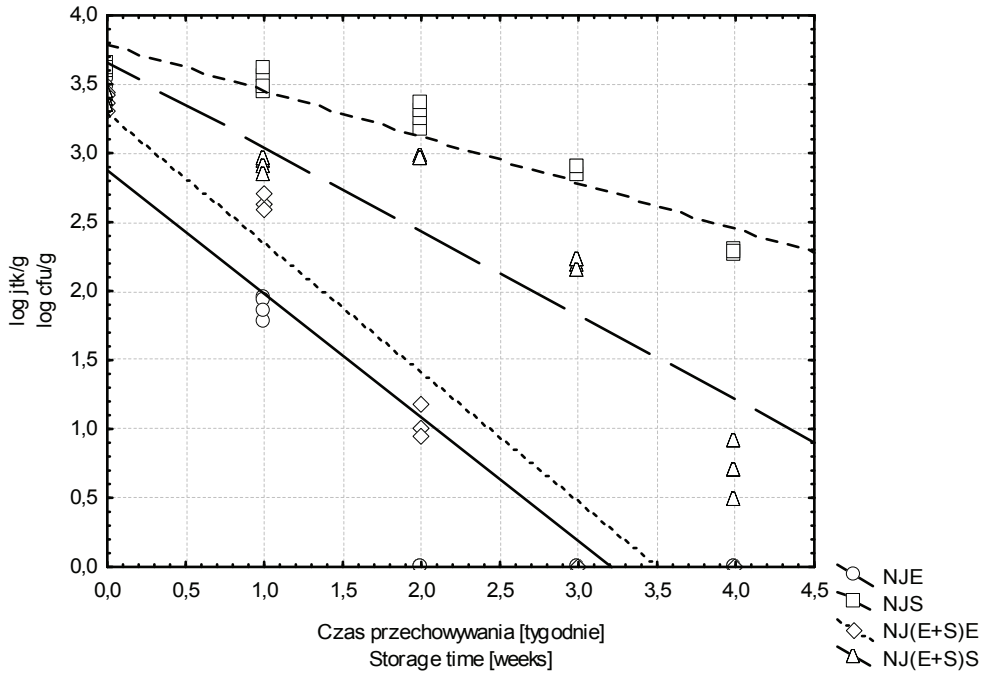
Fig. 4. Change in count of *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) and *S. enteritidis* PCM 843 (S) bacteria on sterilized eggshell surface and coexistence with (E+S).

Na podstawie analizy danych ogólnej mikroflory mezofilnej na powierzchni jaj niejałowionych zanieczyszczanych bakteriami *E. coli* i *S. enteritidis* nie zaobserwowano istotnych zmian liczby natywnej mikroflory w porównaniu z próbami kontrolnymi (rys. 6).

W przypadku badań dotyczących oddziaływań konkurencyjnych bakterii na powierzchni skorup jaj i przeżywalności wybranych patogenów brak jest do tej pory badań porównawczych w literaturze tego zagadnienia.

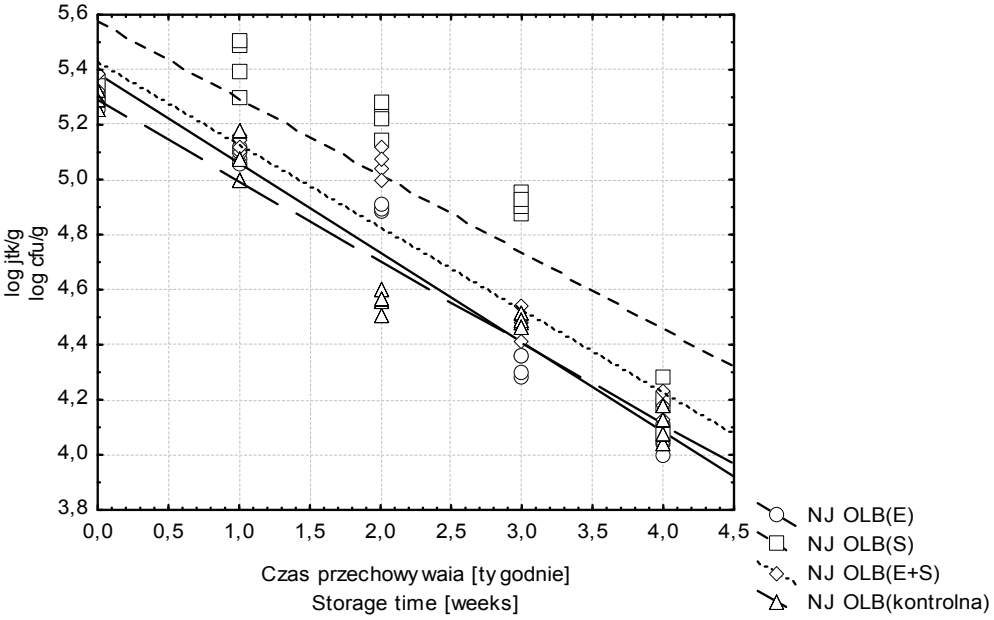
W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono istotny wpływ sposobu przygotowania powierzchni skorup jaj na intensywność zasiedlania skorupy badanymi patogenami. Powierzchnia skorupy po jałowieniu cechowała się większym ładunkiem bakterii po procesie inokulacji. Zaobserwowano, że wraz z wydłużaniem czasu przechowywania jaj liczba naniesionych bakterii ulegała redukcji, często do całkowitego zaniku. Wywołane to było prawdopodobnie niekorzystnymi warunkami wzrostu na powierzchni skorupy jaj tj. niską aktywnością wody oraz małą dostępnością składników pokarmowych. Dodatkowo przeżywalność badanego szczepu *E. coli* na powierzchni jałowionej była dużo wyższa aniżeli w przypadku skorup niejałowionych, co

związane było z brakiem konkurencji o siedlisko. Badany szczep *S. enteritidis*, w każdym analizowanym przypadku, lepiej znosił konkurencję ze strony natywnej mikroflory na niejałowionej powierzchni skorupy aniżeli na powierzchni jałowionej. Komórki *E. coli* podczas współwystępowania z *S. enteritidis* na powierzchni skorup jałowionych lepiej znosiły niekorzystne warunki środowiska. Związane to było z konkurencyjnym, inhibitującym oddziaływaniem bakterii z rodzaju *Lactobacillus* obecnych na powierzchni jaj niepoddanych jałowieniu.



Rys. 5. Zmiana liczby bakterii *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) i *S. enteritidis* PCM 843 (S) na powierzchni niejałowionej skorupy (NJ) i współwystępowania (E+S).

Fig. 5. Change in count of *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) and *S. enteritidis* PCM 843 (S) bacteria on sterilized eggshell surface (NJ) and coexistence with (E+S).



Rys. 6. Zmiana ogólnej liczby bakterii na niejałowionej skorupie (NJ) w zależności od współwystępujących mikroorganizmów: *E. coli* O2:H1:K4 PCM 413 (E) i *S. enteritidis* PCM 843 (S).

Fig. 6. Change in total count of bacteria on unsterilized (NJ) eggshell depending on coexistence with *E. coli* O2: H1: K4 PCM 413 (E) and *S. enteritidis* PCM 843 (S) microorganisms.

Wnioski

1. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania jaj, liczba naniesionych bakterii ulega redukcji, często do całkowitego zaniku. Wywołane jest to prawdopodobnie niekorzystnymi warunkami wzrostu na powierzchni skorupy jaj tj. niską aktywnością wody oraz małą dostępnością składników pokarmowych.
2. Przeżywalność badanego szczepu *E. coli* na powierzchni jałowionej jest dużo wyższa, aniżeli na skorupach niejałowionych, co związane jest z brakiem konkurencji o siedlisko.
3. Badany szczep *S. enteritidis*, w każdym analizowanym przypadku, istotnie korzystniej znosi konkurencję natywnej mikroflory na niejałowionej powierzchni skorupy niż na jałowionej powierzchni skorupy.
4. Redukcja liczby bakterii *E. coli* na powierzchni skorupy jaj konsumpcyjnych podczas ich przechowywania jest znacznie szybsza aniżeli *S. enteritidis*. Proces ten jest dodatkowo intensyfikowany współwystępowaniem natywnej mikroflory powierzchni skorupy.

Literatura

[1] Adesiyun A., Offiah N., Seepersadsingh N., Rodrigo S., Lashley V., Musai L.: Frequency and antimicrobiological resistance of enteric bacteria with spoilage potential isolated from table eggs. Food Res. Int., 2006, **39**, 212-219.
[2] Al-Zenki S.F.,. Al-Nasser A.Y., Al-Saffar A.E.,. Abdullah F.K, Al-Bahouh M.E., Al-Haddad A.S., Alomirah H., Mashaly M.:. Effects of using a chicken-origin competitive exclusion culture and probiotic cultures on reducing *Salmonella* in broilers. J. Appl. Poult. Res., 2009, **18**, 23-29.
[3] De Reu K., Grijspeerdt K., Messens W., Heyndrickx M., Uyttendaele M., Debevere J., Herman L.: Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including *Salmonella enteritidis*. Int. J. Food Microbiol., 2006, **112**, 253-260.
[4] Drożdż I., Makarewicz M.: Zakażenie mikrobiologiczne w przemyśle spożywczym. Laborat. Przem., 2008, **5**, 24-27.
[5] Gantois I., Immerseel F.: Mechanizm zakażenia jaj *Salmonella enteritidis*: szczególne właściwości tego serotypu. Pol. Drob., 2008, **12**, 61-62.
[6] Gawęcka K. E.: Za i przeciw utrzymywania kur w klatkach. Pol. Drob., 2002, **4**, 16-18.
[7] Gliński Z., Luft-Deptuła D.: Drób i jaja ważnym źródłem salmonelloz człowieka. Pol. Drob., 2003, **3**, 23-24.
[8] Jones D. R., Musgrove M. T., Northcutt J. K.: Variations in external and internal microbial populations in shell eggs during extended storage. J Food Prot., 2004, **67**, 2657-2660.
[9] Kuo F., Carey J., S. Ricke.: UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, molds and inoculated *Salmonella typhimurium*. J Food Prot., 1997, **60**, 639-643.
[10] Musgrove M.T., Northcutt J.K., Jones D.R., Cox N.A., Harrison M.A.: *Enterobacteriaceae* and related organisms isolated from shell eggs collected during commercial processing. Poult. Sci., 2008, **87**, 1211-1218.
[11] Rachwał A.: Jakość treści jaj – produkcja i przechowywanie cz. I. Pol. Drob., 2001, **2**, 6-8.
[12] Soriano J.M., Font G., Molto C., Manes J.: Enterotoxigenic staphylococci and their toxins in restaurants foods. Trends Food Sci. Tech., 2002, **12**, 60-67.
[13] Świerczewska E., Siennicka A.: Mycie jaj – temat ciągle kontrowersyjny. Pol. Drob., 2005, **10**, 36-38.
[14] Wall H., Tauson R., Sorgjerd S.: Bacterial contamination of eggshells in furnished and conventional cages. J. Appl. Poult. Res., 2008, **17**, 11-16.
[15] Węsierska E.: Czynniki jakości mikrobiologicznej spożywczych jaj kurzych. Med. Wet., 2006, **11**, 1222-1228.
[16] Zhan G., Ma L., Doyle M.P.: Potential competitive exclusion bacteria from poultry inhibitory to *Campylobacter jejuni* and *Salmonella.* J. Food Prot., 2007, **70**, 867-873.

COMPETITION EFFECTS OF MICROORGANISMS ON SHELL SURFACE OF TABLE EGGS

S u m m a r y

It was verified that pathogenic microorganisms in a hen house environment could be transferred to the surface of table eggs causing a risk to consumer health, which is confirmed by a number of recorded cases of bacterial food-borne illnesses. On eggshells, the pathogenic bacteria and other microorganisms occur together; therefore, a model study was performed on the survival of and competing interactions between native eggshell microflora and selected pathogens. Two groups of eggs were prepared: with sterile and

unsterile eggshell surface. The two groups of eggs were contaminated with *E. coli* O2 inoculants: H1: K4 PCM 413 and PCM 843 *S. enteritidis* bacteria, and with a mixed culture of both bacteria. The samples were cold stored during a four week period. A microbiological assay was performed using a classical pour-plate method with an eggshell homogenate seeded on a suitable chromogenic substrate. As a result of the experiments performed, it was found that the longer the eggs storage time was, the lower the count of transferred bacteria was, and, often, those bacteria totally disappeared. This is probably caused by disadvantageous conditions for the bacteria to grow on the surface of eggshells, i.e. low water activity and low availability of nutrients. In addition, the survival of the *E. coli* strain on a sterile surface was much higher than on unsterile eggshells, what was associated with lack of competition for habitat. In each case analysed, the studied *S. enteridis* strain better tolerated the competitiveness of native microflora on the unsterile rather than sterile surface of eggshells. During storage, the *E. coli* bacteria significantly faster died out on the surface of eggshells than the *S. enteritidis* bacteria. Additionally, this process was intensified by the coexistence of native microflora on the eggshells.

Key words: eggshell, *S. enteritidis*, *E. coli*, competition

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 131 – 142

GRZEGORZ LEŚNIEROWSKI, ROBERT BOROWIAK

ZASTOSOWANIE REZORCYNY JAKO ŚRODKA OCHRONNEGO LIZOZYMU PODCZAS JEGO WYSOKOTEMPERATUROWEJ MODYFIKACJI

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

Celem niniejszej pracy była ocena rezorcyny jako środka chroniącego lizozym podczas jego wysokotemperaturowej modyfikacji. Analizowano wpływ dodatku tego środka na zmianę aktywności hydrolitycznej zmodyfikowanego enzymu oraz stopień jego oligomeryzacji. Modyfikacja wysokotemperaturowa polegała na oligomeryzacji lizozymu w temperaturze 90 i 95 °C z udziałem substancji utleniającej w postaci H_2O_2 lub odczynnika Reciclean®. Uzyskane po modyfikacji próby poddano badaniom analitycznym obejmującym oznaczenie aktywności hydrolitycznej enzymu oraz określenie stopnia jego oligomeryzacji.

Dzięki zastosowaniu rezorcyny, jako środka chroniącego lizozym podczas jego wysokotemperaturowej modyfikacji, uzyskano efekt 75-procentowej ochrony aktywności hydrolitycznej enzymu. Ponadto obserwowano zwiększony udział oligomerycznych form lizozymu w preparatach uzyskanych po modyfikacji.

Słowa kluczowe: lizozym, rezorcyna, modyfikacja, oligomery, aktywność hydrolityczna

Wprowadzenie

Lizozym (N-acetylo-muramylohydrolaza E.C.3.2.1.17) jest niskocząsteczkowym enzymem hydrolitycznym wykazującym zdolność rozkładu specyficznych połączeń polisacharydów budujących ścianę komórkową bakterii. Jego działanie katalityczne polega na dezintegracji wiązania β-1,4-glikozydowego pomiędzy kwasem N-acetylomuraminowym a N-acetyloglukozoaminą w strukturze kompleksu polisacharydowo-peptydowego (peptydoglikanu) [4, 6, 10]. Lizozym w świecie istot żywych występuje powszechnie i jest składnikiem wielu wydzielin, płynów ustrojowych oraz tkanek organizmów roślinnych oraz zwierzęcych. Stwierdzono jego występowanie w komórkach bakterii i cząstkach wirusów. Podstawowe i bogate źródło enzymu sta-

Dr hab. G. Leśnierowski, mgr inż. R. Borowiak, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul .Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

nowi białko jaja kurzego, w którym pełni on funkcję naturalnej ochrony dla tworzącego i rozwijającego się zarodka [10, 21, 23]. Właściwości antybakteryjne lizozymu powodują znaczne zainteresowanie jego praktycznym wykorzystaniem.

Enzym izolowany z białka jaja znajduje obecnie szerokie zastosowanie m.in. w przemyśle spożywczym jako biokonserwant produktów żywnościowych, a także w medycynie i weterynarii, w terapii wielu chorób pochodzenia bakteryjnego i wirusowego [2, 7, 9, 14, 15].

Podstawową formą występowania lizozymu w przyrodzie jest monomer, który antybakteryjne działanie wykazuje głównie w stosunku do bakterii Gram-dodatnich [11]. Zaobserwowano, że w określonych warunkach środowiskowych enzym uzyskuje zdolność do tworzenia dimeru i wyższych oligomerów, nabywając przy tym nowych cennych właściwości [8, 16, 22]. W postaci oligomerycznej charakteryzuje się zwiększoną aktywnością przeciwdrobnoustrojową oraz rozszerzonym spektrum działania, m.in. na bakterie Gram-ujemne i inne szczepy dotychczas oporne na monomer [1, 3, 5, 16]. Właściwości te znacząco zwiększają użyteczność enzymu, stwarzając w ten sposób możliwość szerszego praktycznego jego wykorzystania.

Wśród znanych metod modyfikacji enzymu dobry efekt oligomeryzacji uzyskano w wyniku zastosowania opracowanej w Katedrze Zarządzania Jakością Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu metody wysokotemperaturowej z użyciem środka utleniającego jako dodatkowego obok temperatury modyfikatora. Wykazano jednak, że modyfikacja ta powoduje znaczne obniżenie aktywności hydrolitycznej enzymu w otrzymanych preparatach w porównaniu z jej wielkością w monomerze niepoddanym procesowi [18].

Celem niniejszej pracy było zastosowanie rezorcyny jako środka chroniącego lizozym podczas jego wysokotemperaturowej modyfikacji i ocena wpływu tego dodatku na stopień oligomeryzacji enzymu i zmiany jego aktywności hydrolitycznej.

Materiał i metody badań

Jako surowiec do badań stosowano monomer lizozymu izolowany z białka jaja kurzego w warunkach przemysłowych przez firmę Belovo (Belgia) o aktywności hydrolitycznej wynoszącej 21252 U/mg.

Lizozym do modyfikacji przygotowano w postaci 5 % (m/v) wodnego roztworu, którego pH ustalono na poziomie 4,0 ± 0,2. Próby modyfikowano dodatkiem 0,03 % (m/v) rezorcyny, 2 % (v/v) H_2O_2 oraz 0,2 % (v/v) odczynnika RECICLEAN® holenderskiej firmy Kemira Chemicals BV, którego składnikiem aktywnym jest kwas nadmrówkowy. Próbą odniesienia była próba bez dodatku rezorcyny. Proces prowadzono 30 min w temp. 90 oraz 95 °C, wykorzystując reaktor analityczny Syncore Analyst firmy Büchi (Szwajcaria). Po zakończonej modyfikacji badane próby schładzano do temp. ok. 0 °C, zamrażano, a następnie suszono liofilizacyjnie przy użyciu liofilizatora

GT3 firmy LEYBOLD-HARAEUS. Otrzymane liofilizaty umieszczano w szczelnych pojemnikach, a następnie poddawano badaniom analitycznym.

Analizę elektroforetyczną prowadzono metodą z SDS-PAGE [9, 15] z wykorzystaniem aparatu SE-600 firmy Hoefer Scientific Instruments (USA). Elektroforezę prowadzono w żelu poliakrylamidowym o stężeniu 6 % przy natężeniu prądu 60 mA (żel zagęszczający) oraz 12,5 % przy natężeniu 90 mA (żel rozdzielający), na który nanoszono 10 µl próby. Po zakończonym rozdziale żel utrwalano przez 60 min w roztworze utrwalającym (kwas octowy, metanol, woda destylowana w stosunku 1 : 5 : 4), a następnie barwiono przez 24 h w 10 % roztworze kwasu octowego z dodatkiem błękitu Coomasie Brillant R-250. Wybarwione żele odbarwiano, wykorzystując 10 % kwas octowy. Odbarwione żele skanowano, a ich obrazy przechowywano jako pliki komputerowe. Określenie ilościowego udziału poszczególnych form oligomerycznych lizozymu w badanych preparatach prowadzono densytometrycznie z wykorzystaniem programu komputerowego TotalLab TL 100 firmy Nonlinear Dynamics Ltd (USA).

Aktywność hydrolityczną lizozymu oznaczano metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem zjawiska zmniejszania zmętnienia zawiesiny bakteryjnej *Micrococcus lysodeikticus* w wyniku dodania do niej enzymu [10]. W badaniach użyto spektrofotometru Stv VSU-28 firmy Carl Zeiss Jena (Niemcy). Absorbancję mierzono przy długości fali $\lambda = 450$ nm, w temp. 21 °C.

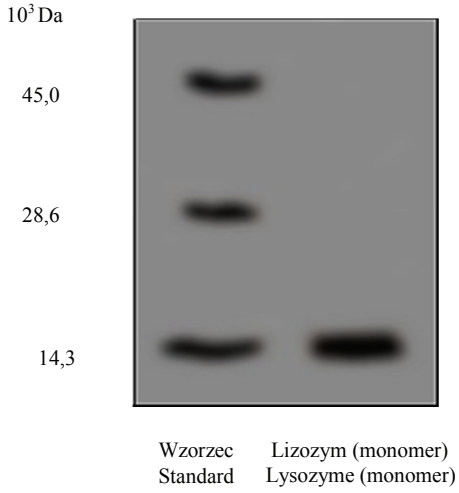
Wszystkie oznaczenia przeprowadzono w pięciu powtórzeniach. Analizę statystyczną wyników badań przeprowadzono przy użyciu programu Statistica PL v.8.0. Wykonano podstawowe obliczenia statystyczne w przypadku każdej zmiennej, wyznaczając m.in. wartość średnią, odchylenie standardowe, błąd standardowy i przedział ufności. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Testowanie prowadzono na poziomie istotności nieprzekraczającym $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Opracowane w Katedrze Zarządzania Jakością Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu metody modyfikacji lizozymu pozwalają na uzyskanie enzymu w postaci zoligomeryzowanej. W zależności od zastosowanej metody w otrzymanych preparatach uzyskuje się zmienną ilość poszczególnych oligomerów. Lizozym zmodyfikowany termicznie zawiera do 30 % dimeru [12, 13] a zmodyfikowany metodą termiczno-chemiczną z nadtlenkiem wodoru – 35 - 40 % [15, 17]. Z kolei zastosowanie metody wysokotemperaturowej (95 °C) z udziałem środka utleniającego jako substancji wspomagającej proces prowadzi do dalszej intensyfikacji zjawiska oligomeryzacji i w rezultacie można otrzymać preparaty zawierające ponad 82 % spolimeryzowanego enzymu, w tym ponad 30 % dimeru [18]. Przeprowadzone dotąd badania wykazały jednak występowanie w zmodyfikowanych próbach negatywnych zmian, będących wynikiem działania wysokiej temperatury oraz czynnika utleniającego. Obserwuje się

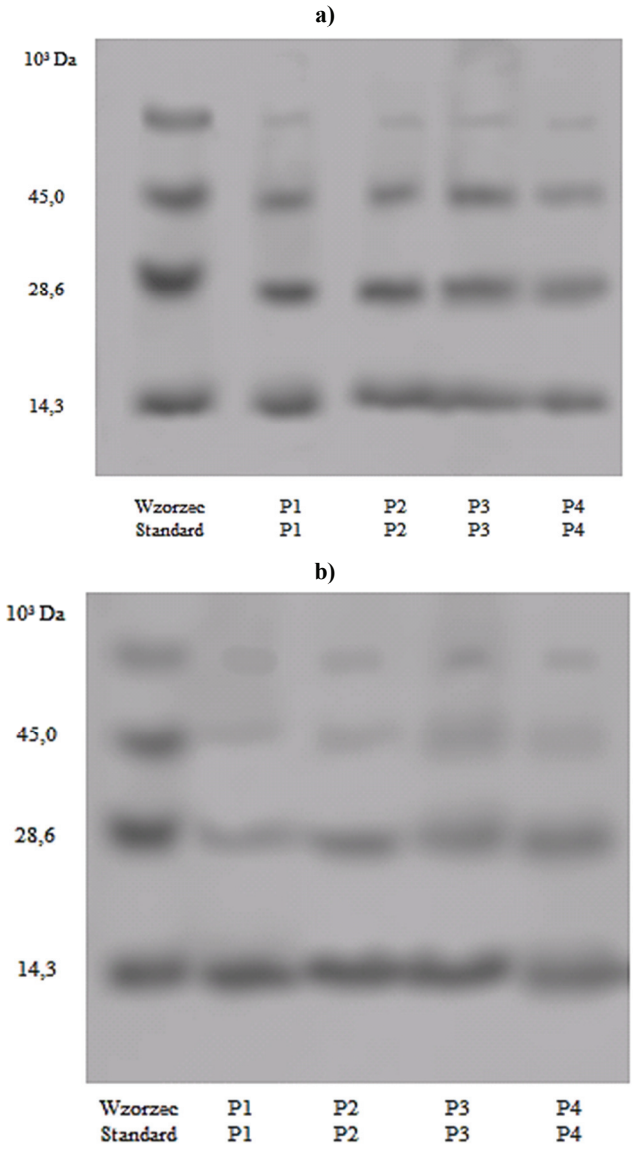
znaczne obniżenie aktywności hydrolitycznej lizozymu nawet o 87 % w stosunku do wartości początkowej oraz zjawisko trwałej, nieodwracalnej denaturacji części lizozymu poddanego modyfikacji. Niezbędna staje się więc ochrona aktywności enzymatycznej lizozymu oraz stabilizacja procesu jego oligomeryzacji. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki etapu badań dotyczącego zastosowania rezorcyny jako substancji chroniącej enzym w drastycznych warunkach wysokotemperaturowej modyfikacji lizozymu. W ostatnich latach wykazano, że niektóre związki z grupy fenoli, a w szczególności alkilohydroksybenzeny, do których należy rezorcyna, są dobrymi regulatorami aktywności lizozymu. Wykazano, że związki te ze względu na swoją chemiczną strukturę oraz rodzaj oddziaływania na cząsteczkę białka, modyfikują lizozym pochodzący z białka jaja kurzego [19, 20]. Zmodyfikowany lizozym wykazuje zmiany konformacyjne, obejmujące również centrum aktywne, którym towarzyszą zmiany właściwości fizykochemicznych enzymu. Stwierdzono, że lizozym modyfikowany z udziałem tego typu związków wykazuje wyższą odporność na denaturację termiczną niż jego natywna forma, czego efektem jest ochrona aktywności hydrolitycznej [20].

Modyfikowano monomer lizozymu o aktywności 21252 U/mg, którego obraz elektroforetyczny przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Obraz elektroforetyczny monomeru lizozymu.
Fig. 1. Electrophoretic image of lysozyme monomer.

Modyfikację lizozymu przeprowadzono zgodnie z podaną wcześniej metodyką i w jej efekcie otrzymano preparaty, które w zależności od sposobu modyfikacji oznaczono symbolami P1, P2, P3 i P4. Analiza elektroforetyczna wykazała, że preparaty te zawierały obok monomeru także oligomery lizozymu w postaci dimeru, trimeru, a także tetrametru (rys. 2).



P1 – próba zmodyfikowana bez udziału substancji dodatkowych / sample modified without supplementary substances added; P2 – próba zmodyfikowana z 0,03 % udziałem rezorcyny / sample modified with 0.03% of resorcin; P3 – próba zmodyfikowana z 0,03 % udziałem rezorcyny i 2 % udziałem H_2O_2 / sample modified with 0.03% of resorcin and 2% of H_2O_2; P4 – próba zmodyfikowana z 0,03 % udziałem rezorcyny i 0,2 % udziałem odczynnika Reciclean® / sample modified with 0.03% of resorcin and 0.2% of Reciclean® reagent.

Rys. 2. Obraz elektroforetyczny preparatów lizozymu otrzymanych w wyniku jego modyfikacji z zastosowaniem rezorcyny w temperaturze 90 °C (a) i 95 °C (b).

Fig. 2. Electrophoretic image of lysozyme samples produced as a result its modification with the use of resorcin at a temperature of 90 °C (a) and 95 °C (b).

Tabela 1

Średni udział form oligomerycznych lizozymu w preparatach otrzymanych w temperaturze 90 °C.
Mean content of oligomeric forms of lysozyme in preparations produced at a temperature of 90 °C.

Próba Sample	Dodatek rezorcyny Added Resorcin [%]	Stężenie H_2O_2 Concentration of H_2O_2 [%]	Stężenie Reciclean® Concentration of Reciclean® [%]	Udział monomeru Content of Monomer [%]	Udział dimeru Content of Dimer [%]	Udział trimeru Content of Trimer [%]	Udział tetrameru Content of Tetramer [%]	Suma oligomerów Oligomers in total [%]
P1	0,00	0,0	0,0	36,4^{d}	27,5^{a}	27,8^{d}	8,2^{a}	63,6^{a}
P2	0,03	0,0	0,0	33,9^{c}	31,0^{b}	19,7^{a}	15,4^{c}	66,1^{b}
P3	0,03	2,0	0,0	28,4^{a}	31,4^{b}	24,3^{c}	15,9^{d}	71,6^{d}
P4	0,03	0,0	0,2	30,9^{b}	32,2^{c}	22,4^{b}	14,5^{b}	69,1^{c}

Objaśnienie: / Explanatory note:
a-c – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in the columns and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Tabela 2

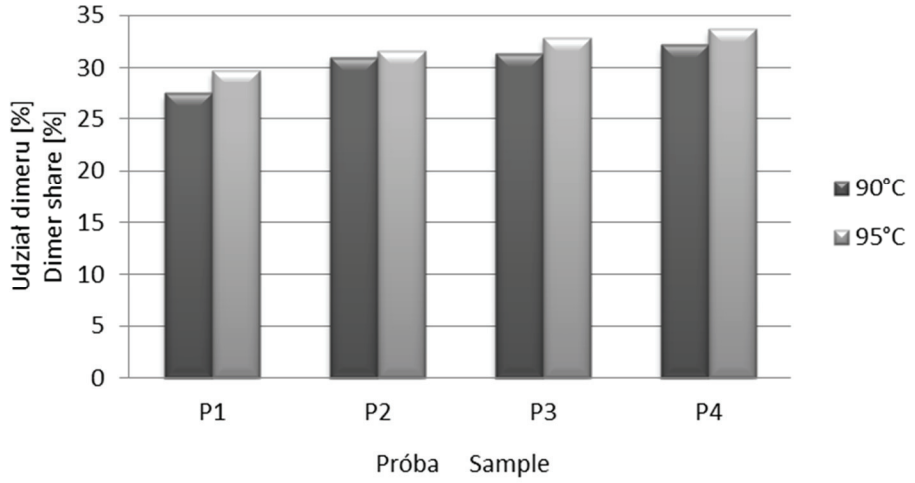
Średni udział form oligomerycznych lizozymu w preparatach otrzymanych w temperaturze 95 °C.
Mean content of oligomeric forms of lysozyme in preparations produced at a temperature of 95 °C.

Próba Sample	Dodatek rezorcyny Added Resorcin [%]	Stężenie H_2O_2 Concentration of H_2O_2 [%]	Stężenie Reciclean® Concentration of Reciclean® [%]	Udział monomeru Concentration of Monomer [%]	Udział dimeru Concentration of Dimer [%]	Udział trimeru Concentration of Trimer [%]	Udział tetrameru Concentration of Tetramer [%]	Suma oligomerów Oligomers in total [%]
P1	0,00	0,0	0,0	32,6^{d}	29,7^{a}	28,6^{c}	9,1^{a}	67,4^{a}
P2	0,03	0,0	0,0	30,7^{c}	31,6^{b}	27,1^{b}	10,6^{b}	69,3^{b}
P3	0,03	2,0	0,0	23,4^{a}	32,9^{c}	27,3^{b}	10,4^{b}	76,6^{d}
P4	0,03	0,0	0,2	29,9^{b}	33,7^{d}	25,7^{a}	10,7^{b}	70,1^{c}

Objaśnienie jak pod tab. 1. / Explanatory note as in Tab. 1.

Analiza densytometryczna umożliwiła określenie średniego udziału poszczególnych form lizozymu w badanych preparatach. Wyniki analizy przedstawiono w tab. 1. i 2.

Na ilość otrzymanych oligomerów największy wpływ miała temperatura, w której prowadzono proces modyfikacji enzymu. Stwierdzono, że bez udziału dodatków chemicznych uzyskano ponad 63 % oligomerów w temp.e 90 °C i około 67,5 % w temp. 95 °C. Zastosowanie chemicznych substancji wspomagających zwiększyło wydajność procesu o 2 - 3 % w przypadku samej rezorcyny oraz nawet o 13 % w przypadku jednoczesnego zastosowania rezorcyny i preparatu Reciclean® (próba P4, temp. 95 °C). W tej próbie uzyskano także największą ilość dimeru (33,7 %), który stanowił główną formę oligomeryczną wszystkich preparatów zmodyfikowanego lizozymu (tab. 1 i 2). Jego udział wynosił w nich od 27 do 33 % (rys. 3).



Rys. 3. Udział dimeru lizozymu w preparatach otrzymanych w określonych warunkach modyfikacji.
Fig. 3. Content of lysozyme dimer in preparations produced under specific conditions of modification process.

Dotychczasowe badania wykazały, że właśnie forma dimeryczna zmodyfikowanego lizozymu decyduje o nowym, zdecydowanie skuteczniejszym przeciwdrobnoustrojowym działaniu [2, 5, 6, 14, 17]. Przedstawiony w pracy sposób modyfikacji lizozymu pozwolił zatem na uzyskanie preparatów zawierających znaczną ilość oligomerów, których większość stanowił bardzo pożądany i cenny dimer.

Obok stopnia oligomeryzacji bardzo ważną cechą zmodyfikowanego lizozymu jest wielkość jego aktywności hydrolitycznej. W wyniku zastosowania wszystkich dotąd znanych modyfikacji lizozymu w otrzymanych preparatach zawsze obserwowano obniżenie, czasami nawet znaczne, jego aktywności hydrolitycznej [3, 12, 13, 18].

Pomimo utraty tej aktywności zmodyfikowany enzym nadal działa na bakterie Gram-dodatnie, a dodatkowo wykazuje aktywność antybakteryjną wobec bakterii Gram-ujemnych. Aktywność tę przypisuje się nowym właściwościom zmodyfikowanego lizozymu, odmiennym od jego hydrolitycznego działania. Zjawisko to nie jest jeszcze do końca poznane i obecnie prowadzi się szereg badań dotyczących wyjaśnienia mechanizmu działania zmodyfikowanego lizozymu i pojawienia się „nowej" przeciwdrobnoustrojowej jego aktywności [3, 15, 16, 17, 18].

Tabela 3

Średnia aktywność hydrolityczna lizozymu zmodyfikowanego w temperaturze 90 °C.
Average hydrolytic activity of lysozyme modified at a temperature of 90 °C.

Próba Sample	Dodatek rezorcyny Added Resorcin [%]	Stężenie H_2O_2 concentration of H_2O_2 [%]	Stężenie Reciclean® Concentration of Reciclean® [%]	Aktywność hydrolityczna Hydrolytic activity [U/mg]	Obniżenie aktywności hydrolitycznej* Decrease in hydrolytic activity* [%]
P1	0,00	0,0	0,0	7741[a]	63,6[d]
P2	0,03	0,0	0,0	15908[d]	25,1[a]
P3	0,03	2,0	0,0	10287[b]	51,6[b]
P4	0,03	0,0	0,2	11432[c]	46,2[c]

Objaśnienia: / Explanatory notes:
*w stosunku do monomeru lizozymu (21252 U/mg) / in relation to lysozyme monomer (21252 U/mg);
a-c – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in the columns and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

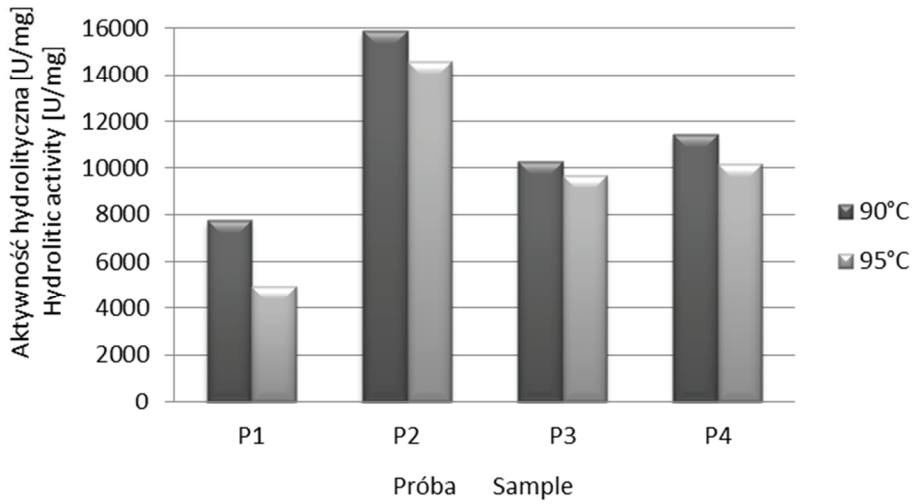
Tabela 4

Średnia aktywność hydrolityczna lizozymu zmodyfikowanego w temperaturze 95 °C.
Mean hydrolytic activity of lysozyme modified at a temperature of 95 °C.

Próba Sample	Dodatek rezorcyny Added resorcin [%]	Stężenie H_2O_2 concentration of H_2O_2 [%]	Stężenie Reciclean® Concentration of Reciclean® [%]	Aktywność hydrolityczna Hydrolytic activity [U/mg]	Obniżenie aktywności hydrolitycznej* Decrease in hydrolytic activity* [%]
P1	0,00	0,0	0,0	4956[a]	76,7[a]
P2	0,03	0,0	0,0	14603[d]	31,3[a]
P3	0,03	2,0	0,0	9691[b]	54,4[c]
P4	0,03	0,0	0,2	10180[c]	52,1[b]

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

W przypadku przedstawionych w pracy modyfikacji również obserwowano znaczne obniżenie aktywności hydrolitycznej enzymu w otrzymanych preparatach. Średnią jej wartość oraz procentowe zmniejszenie w stosunku do niezmodyfikowanego monomeru zestawiono w tab. 3. i 4. W wyniku przeprowadzonych modyfikacji nastąpiło znaczne obniżenie swoistej aktywności enzymu, w porównaniu z aktywnością monomeru. Efekt ten wywołany był przede wszystkim działaniem radykalnych czynników modyfikujących tj. wysokiej temperatury oraz substancji utleniających, które powodowały znaczne zmiany w strukturze łańcucha polipeptydowego enzymu. Wcześniej wykazano, że zachodzące podczas modyfikacji procesy powodują rozfałdowanie białka, zwiększenie jego powierzchni hydrofobowej i w efekcie niszczenie centrum aktywnego enzymu [5, 12, 17]. Zmiany wielkości aktywności hydrolitycznej lizozymu spowodowane warunkami modyfikacji enzymu przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Aktywność hydrolityczna lizozymu w preparatach otrzymanych w określonych warunkach modyfikacji.

Fig. 4. Hydrolytic activity of lysozyme in preparations produced under specific conditions of modification process.

Zastosowanie temp. 90 i 95 °C spowodowało obniżenie badanej aktywności odpowiednio o 64 i 77 %. Stwierdzono jednak, że dodatek rezorcyny, jako substancji chroniącej enzym, wpłynął stabilizująco na proces jego wysokotemperaturowej modyfikacji. Okazało się również, że obecność tego składnika hamowała obniżanie się aktywności hydrolitycznej w zmodyfikowanym enzymie. Wykazano, że w próbach, które modyfikowano w temp. 90 i 95 °C, do których dodano rezorcynę, aktywność hydrolityczna zmniejszyła się tylko o 25 - 31 %. Ochronne działanie rezorcyny było także

bardzo wyraźne w próbach, do których podczas modyfikacji dodano substancje wspomagające oligomeryzację enzymu, tj. nadtlenek wodoru lub preparat Reciclean®. Jednak silnie destrukcyjne działanie modyfikatorów utleniających w połączeniu z wysoką temperaturą warunkowało jedynie 50-procentową ochronę aktywności hydrolitycznej enzymu. Stwierdzono zatem, że proces modyfikacji lizozymu korzystniej jest prowadzić w temperaturze 90 °C z dodatkiem 0,03 % rezorcyny i bez udziału modyfikatorów utleniających, bowiem otrzymane w tych warunkach preparaty zawierały 66 % oligomerów, w tym 31 % dimeru, a ich aktywność hydrolityczna chroniona była aż w 75 %. Natomiast podwyższenie temp. modyfikacji do 95 °C prowadziło już do tak znacznych zmian konformacyjnych w obrębie centrum aktywnego lizozymu, że otrzymane preparaty wykazywały zdecydowanie niższą katalityczną aktywność przeciwbakteryjną, mimo zastosowania środka ochronnego.

Przedstawione wyniki badań dowodzą, że zastosowanie rezorcyny, jako środka chroniącego lizozym podczas jego wysokotemperaturowej modyfikacji, w znacznym stopniu zabezpieczyło enzym przed niekorzystnymi zmianami wynikającymi z warunków procesu. Przeprowadzone badania wykazały, że rezorcyna wpłynęła na zwiększenie stopnia oligomeryzacji lizozymu, zapewniając jednocześnie wyraźną ochronę jego aktywności hydrolitycznej. Należy jednak zaznaczyć, że decydujący wpływ na stopień oligomeryzacji enzymu oraz udział poszczególnych jego form w uzyskanych preparatach miała temperatura procesu, a następnie dodatek substancji utleniających. Zastosowanie rezorcyny tylko nieznacznie polepszyło oligomeryzację lizozymu, natomiast istotnie wpłynęło na ochronę aktywności hydrolitycznej enzymu. W preparatach modyfikowanych w temp. 90 °C bez udziału modyfikatorów utleniających aktywność enzymatyczna lizozymu chroniona była w 75 %, uzyskując ostatecznie wartość 15908 U/mg. Podobnego efektu nie udało się uzyskać we wcześniejszych badaniach.

Wnioski

1. Wykazano, że wysokotemperaturowa modyfikacja lizozymu z wykorzystaniem 0,03-procentowego dodatku rezorcyny jest skutecznym sposobem oligomeryzacji enzymu.
2. Równoczesne działanie rezorcyny i stosowanych modyfikatorów w postaci nadtlenku wodoru i odczynnika Reciclean® powodowało zwiększenie sumarycznej ilości oligomerów w otrzymanych preparatach do 70 %.
3. Wykazano, że rezorcyna silnie chroniła aktywność hydrolityczną lizozymu modyfikowanego w temperaturze 90 °C. W preparatach modyfikowanych z jej udziałem aktywność ta obniżyła się o 30 %, podczas gdy w modyfikacji bez jej udziału obniżyła się o ponad 75 %.

4. Poziom ochrony i stopień oligomeryzacji enzymu w sposób statystycznie istotny zależały od warunków modyfikacji, tj. dodatku rezorcyny, rodzaju zastosowanego czynnika utleniającego, a w szczególności temperatury procesu.

Literatura

[1] Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Kijowski J.: Antibacterial activity of lysozyme modified by membrane technique. EJPAU, Food Sci. Technol., 2003, **6 (2)**, 1-6.

[2] Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Kijowski J.: Properties and application of egg white lysozyme and its modified preparations - a review. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2008, **58 (1)**, 5-10.

[3] Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Kijowski J.: Antibacterial activity of hen egg white lysozyme modified by thermochemical technique. Eur. Food Res. Technol., 2009, **228**, 841-845.

[4] Cuninngham F.E., Proctor V.A., Goetsch S.I.: Egg-white lysozyme as food preservative. Poult. Sci. J., 1991, **47**, 142.

[5] Ibrahim H.R., Higashiguchi S., Juneja L.R., Kim M., Yamamoto T.: A structural phase of heat – denatured lysozyme with novel antimicrobial action. Agric. Food Chem., 1996, **44**, 1416-1420.

[6] Kiczka W.: Od monomeru do dimeru lizozymu. Życie Wet., 1994, **4A**, 131-136.

[7] Kijowski J., Leśnierowski G.: Wykorzystanie lizozymu do utrwalania żywności w diagnostyce medycznej i farmakologii. Biotechnologia, 1995**, 2 (29)**, 130-140.

[8] Kijowski J., Leśnierowski G.: Lizozym z białka jaja naturalnym konserwantem żywności. Mat. XXXI Sesji Naukowej KTChŻ PAN, Poznań 2000, ss. 47-56.

[9] Laemmli U.K.: Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 1970, **227 (5259)**, 680-685.

[10] Leśnierowski G., Kijowski J.: Aktywność enzymatyczna lizozymu i jej wykorzystanie do utrwalenia żywności. Przem. Spoż., 1995, **4 (95)**, 116-119.

[11] Leśnierowski G., Kijowski J.: Budowa i ogólna charakterystyka lizozymu (muramidazy). Żywność. Technologia. Jakość., 1996, **3 (8)**, 6-13.

[12] Leśnierowski G., Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J.: Antibacterial activity of thermally modified lysozyme. EJPAU, Food Sci. Technol., 2001, **2**, 1-9.

[13] Leśnierowski G., Cegielska-Radziejewska R., Kijowski J:. Thermally and chemical-thermally modified lysozyme and its bacteriostatic activity. World Poult. Sci. J., 2004, **60**, 303-310.

[14] Leśnierowski G., Kijowski J.: Lysozyme. In: Bioactive Egg Compounds. Eds.: R. Huopalathi, R. Lopez, M. Anton, R. Schade. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007, pp. 33-42.

[15] Leśnierowski G.: Fizykochemiczne metody modyfikacji i pomiaru aktywności lizozymu. Rozpr. nauk. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań 2007, 387, ss. 1-104.

[16] Leśnierowski G., Kijowski J., Cegielska-Radziejewska R.: Ultrafiltration-modified chicken egg white lysozyme and its antibacterial action. Int. J. Food Sci. Technol., 2009, **44**, 305-311.

[17] Leśnierowski G.: Nowe sposoby fizykochemicznej modyfikacji lizozymu. Nauka. Przyroda. Technologie, 2009, **3 (4)**, 1-18.

[18] Leśnierowski G., Borowiak R.: Wysokotemperaturowa modyfikacja lizozymu. Acta Sci. Pol. Biotechnol., 2010, **9 (2)**, 23-32.

[19] Nikolaev, Yu.A., Loiko, N.G., Stepanenko, I.Yu., Shanenko, E.F., Martirosova, E.I., Plakunov, V.K., Kozlova, A.N., Borzenkov, I.A., Korotina, O.A., Rodin, D.S., Krupyanskii, Yu.F., El'-Registan, G.I.: Changes in physicochemical properties of proteins, caused by modification with alkylhydroxybenzenes. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2008, **44(2)**, 143–150.

[20] Petrovskii A. S., Deryabin D. G., Loiko N. G., Mikhailenko N. A., Kobzeva T. G., Kanaev P. A., Nikolaev Yu. A., Krupyanskii Yu. F., Kozlova A. N., El'-Registan G. I.: Regulation of the functional activity of lysozyme by alkylhydroxybenzenes. Microbiology, 2009, **78 (2)**, 144-153.
[21] Proctor V.A., Cuninngham F.E.: The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical, CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 1988, **26 (4)**, 359-395.
[22] Sophianopoulos A.J.: Association sites of lysozyme in solution. J. Biol. Chem., 1969, **244**, 3188-3193.
[23] Trziszka T.: Właściwości funkcjonalne. W: Jajczarstwo. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 2000, ss. 219-230.

APPLYING RESORCIN AS LYSOZYME-PROTECTIVE AGENT IN THE COURSE OF ITS HIGH-TEMPERATURE MODIFICATION

S u m m a r y

The objective of the study was to assess the resorcin as an agent to protect lysozyme in the course of its high-temperature modification process. The impact of the added agent was analyzed on the change in the hydrolytic activity of the modified enzyme as was the level of its oligomerisation degree. The high-temperature modification process consisted in the oligomerisation of lysozyme at a temperature of 90 and 95 °C with either H_2O_2 or Reciclean® reagent added as an oxidizing substance. The samples produced during the modification process were analyzed; the analysis comprised the determination of the enzyme's hydrolytic activity and the assessment of its oligomerisation level.

The result of applying the resorcin as an agent to protect the lysozyme in the course of its high-temperature modification process was a 75 % protection level of the enzyme's hydrolytic activity. In addition, it was found that the number of lysozyme oligomeric forms increased in the samples produced during the modification process.

Key words: lysozyme, resorcin, modification, oligomers, hydrolytic activity

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 143 – 160

JUSTYNA GÓRECKA, TADEUSZ SZMAŃKO, NATALIA HYLA,
MAŁGORZATA JUSZCZAK

PORÓWNANIE STRUKTURY MIĘSA DZIKÓW I ŚWIŃ DOMOWYCH, PRZECHOWYWANEGO W TEMPERATURZE BLISKIEJ KRIOSKOPOWEJ I W STANIE ZAMROŻONYM

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

Podjęto próbę oceny wpływu przechowywania w temperaturze bliskiej krioskopowej (t.b.k). oraz obróbki cieplnej elementów zasadniczych z dzika, a także tuczników z chowu fermowego, na strukturę tkanki mięśniowej, analizowaną w porównaniu z próbami przechowywanymi zamrażalniczo.

Wykazano korzystny wpływ przechowywania w t.b.k. zarówno dziczyzny, jak i mięsa tuczników, na znacznie mniejszą destrukcję struktury tkanki w porównaniu ze zmianami zachodzącymi w surowcu utrwalonym zamrażalniczo. Najistotniejsze różnice w budowie mięśni świń i dzików dotyczyły rozmieszczenia przestrzennego włókien mięśniowych w obrębie pęczków. Podczas przechowywania mięśnie dzików zachowały charakterystyczną budowę tkankowi mięśniowej, natomiast w surowcu wieprzowym, pochodzącym od świń rasy wbp, stwierdzono przemieszczenie włókien w obrębie pęczków.

Słowa kluczowe: dziczyzna, wieprzowina, zamrażanie, przechowywanie w temperaturze bliskiej krioskopowej (t.b.k.), struktura

Wprowadzenie

Możliwość kulinarnego lub przetwórczego wykorzystania mięsa dzików, przy ciągle zwiększającym się jego pozyskiwaniu, uzasadnia potrzebę prowadzenia badań ukierunkowanych na pełniejsze poznanie właściwości tego surowca [2, 6, 7, 8, 16, 20, 23, 24, 25, 27]. Pod wieloma względami mięso to jest bardziej atrakcyjne od wieprzowiny [2, 16, 23]. Do najważniejszych jego walorów należą niewątpliwie cechy sensoryczne i wartość żywieniowa, a także, ze względu na środowisko życia dzikich zwierząt, możliwość przypisania dziczyźnie cech żywności ekologicznej.

Mgr inż. J. Górecka, prof. dr hab. T. Szmańko, mgr inż. N. Hyla, mgr inż. M. Juszczak, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chełmońskiego 37, 51-630 Wrocław

Do mniej poznanych zagadnień należy struktura tkankowa dziczyzny. Jest ona ważna ze względu na kształtowanie cech reologicznych mięsa kulinarnego, jak również dlatego, że ma wpływ na jego właściwości przerobowe [3, 4, 5, 11, 15, 27]. Poznanie struktury dziczyzny, a zwłaszcza wpływu czynników technologicznych na jej zmiany umożliwi odpowiednie ukierunkowanie procesu technologicznego, sprzyjające optymalnemu wykształceniu pożądanych cech przetwarzanego surowca.

Ze względu na specyficzne warunki pozyskiwania, a zwłaszcza towarzyszące im niesprzyjające warunki sanitarne, dziczyzna bardzo często jest zamrażana, co skutkuje obniżeniem poziomu jakości wielu wyróżników. Dlatego wydaje się celowe uwzględnienie w procesie utrwalania tego surowca również innych metod. Alternatywą zamrażania może być przechowywanie w temperaturze bliskiej krioskopowej, charakteryzujące się niemal podobną skutecznością jak zamrażanie, nie powodujące jednak wielu niekorzystnych zmian będących konsekwencją krystalizacji wody w strukturach tkankowych [1, 13, 18, 19, 21, 22].

Celem badań było porównanie wpływu różnych warunków przechowywania, a także obróbki cieplnej, na strukturę mięśnia najdłuższego lędźwi *longissimus lumborum* (*LL*) dzików *(Sus scrofa ferus)*, w porównaniu z budową ww. mięśnia świń rasy wielkiej białej polskiej, przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej przez 14 i 28 dób oraz w stanie zamrożonym przez 28 dób.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym był mięsień najdłuższy lędźwi *musculus longissmisus lumborum* (*LL*), wykrojony z tusz dzików (WB) oraz świń rasy wielkiej białej polskiej (PLW). Mięśnie świń rasy wbp traktowane były jako próba odniesienia.

Materiał badawczy, w przypadku dzików i świń z chowu fermowego, stanowiły ok. 600-gramowe odcinki ww. mięśnia wykrojone z prawej i lewej półtuszy dzików 48 h po odstrzale i świń 24 h po uboju. Materiał do badań pobrano z tusz 6 dzików 8 - 10 miesięcznych, o orientacyjnej masie przyżyciowej około 30 - 35 kg, pozyskanych podczas polowania zbiorowego na terenie województwa lubuskiego. Mięso tuczników pochodziło od osobników 6-miesięcznych, o masie przedubojowej około 120 kg, ubitych w zakładzie mięsnym na terenie Wielkopolski. Zarówno w przypadku dzików, jak i tuczników nie uwzględniono kryterium płci.

Badania przeprowadzono na mięśniach nieprzechowywanych (NS) oraz zapakowanych próżniowo w woreczki z laminatu PA/PE, składowanych w temp. bliskiej krioskopowej (t.b.k.), tj. w -3 ± 0,1°C przez 14 (S14) i 28 (S28) dób, a także zamrażalniczo (-18 ± 1 °C) przez 28 dób (SF). W poszczególnych grupach eksperymentalnych analizy wykonywano na 300-gramowych fragmentach mięśnia *LL*. Po upływie eksperymentalnego okresu przechowywania pobierano próby do analizy histologicznej. Materiał mrożony po składowaniu rozmrażano w temp. 2 ± 1°C przez 48 h. Połowę prób

w obrębie każdej grupy eksperymentalnej poddano obróbce cieplnej w łaźni wodnej w temp. 90 °C, przy zachowaniu stosunku objętości wody do nieopakowanych prób 3 : 1. Próby ogrzewano do temp. 72 °C w centrum geometrycznym, a następnie wychładzano w temp. 2 ± 1°C przez 12 h.

Wycinki do badań histologicznych pobierano każdorazowo po upływie założonego w układzie doświadczenia okresu przechowywania oraz po obróbce cieplnej. W tym celu wykrawano wzdłuż włókien mięśniowych wycinki o wymiarach 5×5×10 mm, utrwalano w 4 % zbuforowanej formalinie, a następnie zatapiano w parafinie. Skrawki o grubości 7 μm barwiono w hematoksylinie Delafielda oraz w błękicie metylowym. Następnie sporządzano 20 trwałych preparatów, które analizowano techniką mikroskopii świetlnej [26].

Analiza statystyczna obejmowała wyliczenie wartości średnich, odchyleń standardowych i najmniejszych istotnych różnic (NIR). Wyniki analizowano w programie Statisica 5.0.

Wyniki i dyskusja

Struktura nieprzechowywanego mięsa dzików charakteryzowała się dobrym zachowaniem budowy włókien mięśniowych i pęczków, a także śródmięśniowej tkanki łącznej (fot. 1). *Endomysium* i *perimysium* odznaczało się budową włóknistą. Nie stwierdzono destrukcji włókien mięśniowych. W obrębie pęczków obserwowano podobne odległości pomiędzy włóknami mięśniowymi. Przekroje poprzeczne włókien mięśniowych cechowały się kształtami wielobocznymi, wskazującymi na ścisłe upakowanie włókien w pęczkach. W strukturze mięśni dzików incydentalnie obserwowano przypadki nietypowej budowy tej tkanki, tj. obecność włókien olbrzymich, charakterystycznych dla mięśni świń, ras wysoko mięsnych. Zwykle mięśnie o ww. cechach budowy charakteryzują się obniżoną zdolnością utrzymywania wody [3, 4, 17].

W strukturze nieprzechowywanego mięsa świń nie odnotowano zmian w budowie. Pęczki i włókna mięśniowe były wyraźnie wyodrębnione. Charakterystyczna była dobrze zaznaczona struktura *endomysium* o budowie włóknistej. Włókna mięśniowe tuczników charakteryzowały jednak pęknięcia podłużne, występujące w ok. 15 % analizowanych obrazów (tab. 1, fot. 2). Zasadnicze różnice w budowie mięśni *LL* tuczników oraz dzików związane były z kształtem i średnicą włókien mięśniowych. Na przekroju poprzecznym tkanki mięśniowej świń obserwowano przeważnie włókna o owalnych kształtach, co mogło świadczyć o luźnym ich rozmieszczeniu w pęczkach, ponadto cechowały się one większą średnicą. W tkance mięśniowej dzików relatywnie częściej (stwierdzono na ok. 40 % obrazów) występowała śródmięśniowa tkanka tłuszczowa. Zlokalizowana była na pograniczu kilku pęczków włókien mięśniowych, czego nie obserwowano tak często w mięśniach tuczników (stwierdzono na ok. 15 % obra-

zów). Tkanka mięśniowa dzików w większym stopniu charakteryzowała się tendencją do występowania tłuszczu śródmięśniowego.

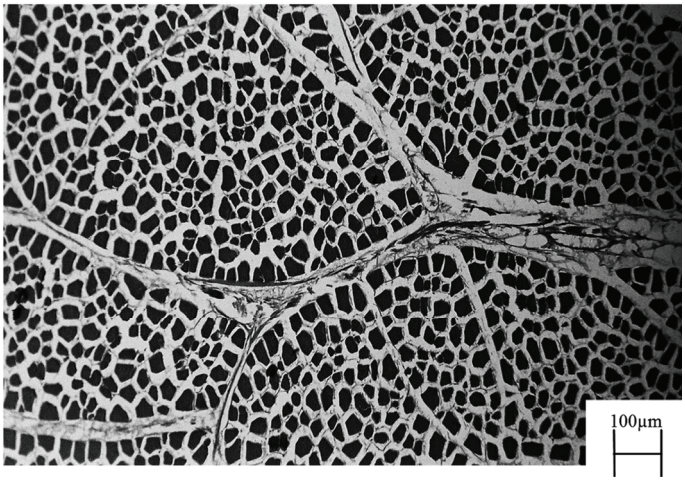
T a b e l a 1

Wybrane cechy budowy mięśni. Udział preparatów charakterystycznej budowy [%].
Selected features of muscle structure. Content of preparations showing characteristic structure [%].

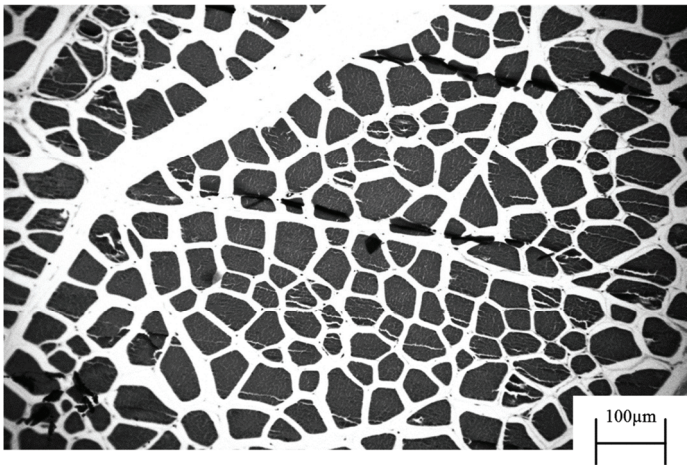
Charakterystyczne cechy budowy mięśni Characteristic features of muscle structure		Grupy eksperymentalne Experimental groups															
		PLW								WB							
		Mięso świeże Fresh meat (not stored)		Mięso przechowywane Meat stored						Mięso świeże No stored		Mięso przechowywane Meat stored					
				Temp. -1 ºC				Temp. -18 ºC				Temp. -1 ºC				Temp. -18 ºC	
				14 dób 14 days		28 dób 28 days		28 dób 28 days				14 dób 14 days		28 dób 28 days		28 dób 28 days	
		Mięso (S – surowe, G – gotowane) Meat (S – raw meat, G – cooked meat)															
		S	G	S	G	S	G	S	G	S	G	S	G	S	G	S	G
Rodzaj budowy *perimysium* Structure type of *perimysium*	Włóknista Fibrous	100	90	75	40	60	35	50	40	100	70	80	70	65	60	50	40
	Ziarnista Granular	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	25	-	20	10
	Amorficzna Amorphous	-	10	25	60	40	65	80	60	-	30	-	30	10	40	30	50
Pęknięcia podłużne włókien mięśniowych Longitudinal cracks in muscle fibres		15	5	85	20	100	100	60	80	-	20	40	20	50	30	95	50

Wykazane cechy budowy tkanki mięśniowej dzików i świń potwierdzają dane literaturowe. Wielbo i Lechowski uważają, że mięśnie dzika, w porównaniu z wieprzowymi (wbp), charakteryzują się cieńszymi włóknami mięśniowymi [24]. Żochowska i wsp. [27] oraz Lachowicz i wsp. [8] podają, że e*ndomysium* i *perimysium* w mięsie dzika jest grubsze aniżeli w tkance świń. Również inni autorzy wskazują na powszech-

ne występowanie w mięsie dzika tłuszczu śródmięśniowego, najczęściej w postaci niewielkich skupisk, komórek tłuszczowych o małej średnicy [6, 7].



Fot. 1. Struktura nieprzechowywanego mięśnia dzika (NS).
Fig. 1. Structure of not stored wild boar (NS).



Fot. 2. Struktura nieprzechowywanego mięśnia świni (NS).
Fig. 2. Structure of not stored pig (NS).

T a b e l a 2

Zdolność utrzymywania wody i siła cięcia doświadczalnych mięśni.
Water holding capacity and cutting force of experimental muscles.

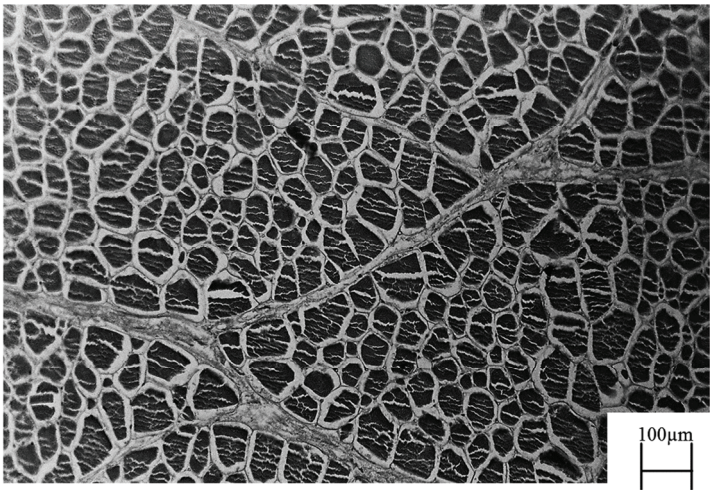
Parametr Parameter		Grupy doświadczalne Experimental groups							
		PLW				WB			
		NS	S14	S28	SF	NS	S14	S28	SF
WHC [%]	$\bar{x}$	$52,98^{aA}$	$55,74^{bA}$	$60,07^{cB}$	$56,32^{bA}$	$56,63^{aB}$	$56,53^{aB}$	$58,21^{bA}$	$59,93^{cB}$
	s / SD	1,80	1,32	2,08	1,43	2,47	1,73	1,71	1,31
Siła cięcia [N/cm^2] Cutting force [N/cm^2]	$\bar{x}$	$139,18^{dB}$	$99,75^{cB}$	$74,35^{aB}$	$87,01^{bB}$	$86,21^{dA}$	$70,39^{bA}$	$64,22^{aA}$	$78,51^{cA}$
	s / SD	5,96	6,72	7,45	11,23	6,626	5,53	5,15	6,54

$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s / SD – odchylenie standardowe / standard deviation; n = 12;
a, b, c. – wartości średnie oznaczone w tym samym wierszu różnymi dużymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in the same row denoted by different capital letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$; A, B, C… – wartości średnie oznaczone w tych samych kolumnach różnymi dużymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0.05$ / mean values in the same columns denoted by different capital letters are significantly differ at level of $p \leq 0.05$.
Źródło: / Source: [20].

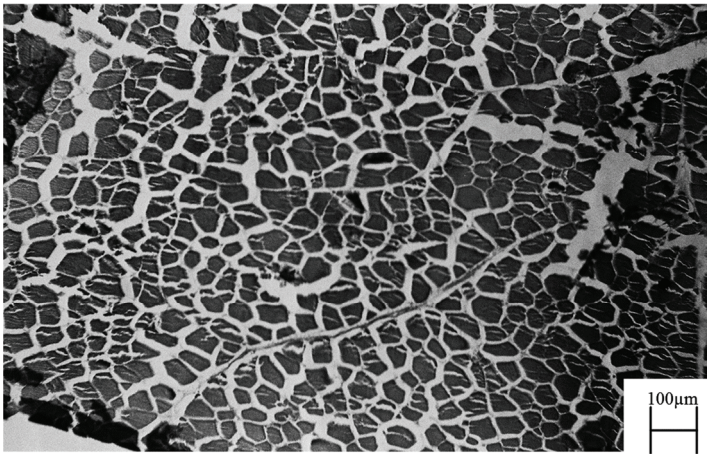
W przypadku elementów zasadniczych z dzików przechowywanych w temp. bliskiej krioskopowej (t.b.k.) przez 14 dób nie stwierdzono zwiększenia zmian charakterystycznej budowy tkanki mięśniowej (fot. 3). W obrębie mięśnia w dalszym ciągu obserwowano dobrze zachowaną strukturę włókien oraz pęczków. Podobnie, jak w przypadku mięśni nieprzechowywywanych, charakterystyczna była włóknista budowa *perimysium*, jednak na przekrojach ok. 20 % obrazów ww. tkanki można było zaobserwować przypadki struktury ziarnistej. *Endomysium* było zlokalizowane głównie w środku przestrzeni pomiędzy włóknami. Około 40 % włókien mięśniowych charakteryzowały pęknięcia podłużne. Do 14. doby przechowywania w t.b.k. opisanym zmianom struktury tkanki mięśniowej towarzyszyło nieznaczne zmniejszenie zdolności utrzymania wody (WHC) (tab. 2), stwierdzone także w równolegle przeprowadzonych, na tym materiale badawczym, innych badaniach własnych [20].

Po 14 dobach krioskopowego przechowywania elementów wieprzowych stwierdzono postępujące zmiany w strukturze tkanki mięśniowej. Charakteryzowały się one przede wszystkim zróżnicowaniem odległości pomiędzy włóknami mięśniowymi, bę-

dących konsekwencją postępujących uszkodzeń połączeń sarkolemy z *endomysium,* przy zachowanych pasywnych właściwościach mechanicznych śródmięśniowej tkanki łącznej (fot. 4) [14]. Postępującej destrukcji włókien nie obserwowano w takim stopniu w strukturze mięśni dzików przechowywanych w ww. warunkach. Budowa mięśni świń charakteryzowała się również, podobnie jak to stwierdzono w dziczyźnie, pęknięciami podłużnymi włókien mięśniowych. Powyższym zmianom struktury / podobnie jak w przypadku mięsa dzików, towarzyszyło pogorszenie WHC [20].

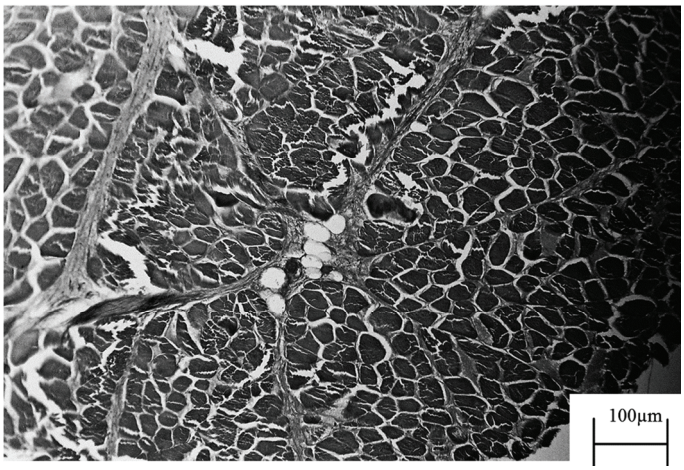


Fot. 3. Struktura mięśnia dzika przechowywanego w t.b.k. przez 14 dób (S14).
Fig. 3. Structure of wild boar muscle stored at near cryoscopic temperature for 14 days (S14).

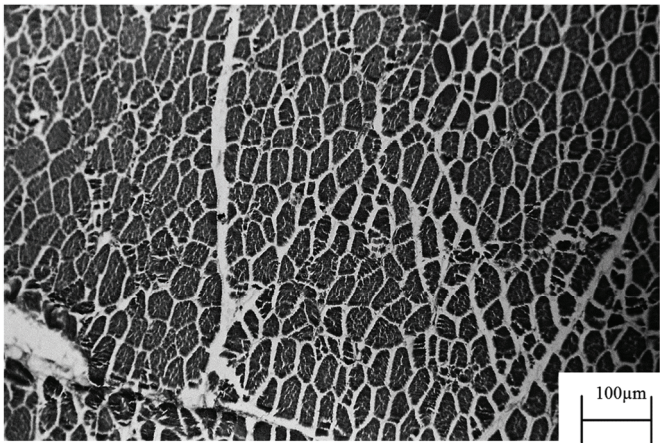


Fot. 4. Struktura mięśnia świni przechowywanego w t.b.k. przez 14 dób (S14).
Fig. 4. Structure of pig muscle stored at near cryoscopic temperature for 14 days (S14).

Pomimo że 28-dobowe przechowywanie w t.b.k. mięśni *LL* dzików przyczyniło się do osłabienia ich struktury, ciągle pozostawał wyraźnie zaznaczony zarys budowy pęczków i włókien mięśniowych (fot. 5). W obrębie *perimysium* coraz częściej obserwowane były ślady obecności tkanki łącznej o budowie ziarnistej (ok. 25 % obrazów), a także amorficznej (ok. 10 % obrazów). Stwierdzono jeszcze bardziej zaawansowane, w porównaniu z poprzednim okresem przechowywania, podłużne pęknięcia włókien mięśniowych (ok. 50 % analizowanych obrazów). Przechowywanie doświadczalnych



Fot. 5. Struktura mięśnia dzika przechowywanego w t.b.k. przez 28 dób (S28).
Fig. 5. Structure of wild boar muscle stored at near cryoscopic temperature for 28 days (S28).



Fot. 6. Struktura mięśnia świni przechowywanego w t.b.k. przez 28 dób (S28).
Fig. 6. Structure of pig muscle stored at near cryoscopic temperature for 28 days (S28).

elementów dzików w t.b.k. przez 28 dób nie przyczyniało się do dalszego obniżenia wodochłonności, pomimo że obniżenie natywnych właściwości białek powinno nadal postępować [3, 5, 11]. Najprawdopodobniej było to spowodowane nieznacznym wzrostem wartości pH [20].

W trakcie krioskopowego przechowywania mięśni wieprzowych stwierdzono również dalsze, postępujące zmiany w strukturze tkanki mięśniowej. Po 28 dobach były one podobne jak w mięśniach dzików przechowywanych w identycznych warunkach, jednak zwiększył się ich stopień zaawansowania. Manifestowały się one dalszą destrukcją śródmięśniowej tkanki łącznej, a także jeszcze bardziej intensywnymi pęknięciami podłużnymi włókien mięśniowych (fot. 6).

Dwudziestoośmiodobowe przechowywanie mięśni *LL* dzików w stanie zamrożonym nie powodowało drastycznej degradacji struktury tkanki mięśniowej, w jej obrębie ciągle obserwowano dobrze zaznaczone włókna i pęczki włókien mięśniowych. Największe różnice stwierdzono w budowie *peri- i endomysium*. W próbach mrożonych upostaciowione formy tej tkanki były trudniejsze do zaobserwowania (fot. 7). Cechą charakterystyczną struktury zamrażanych mięśni dzików były pęknięcia podłużne włókien mięśniowych.

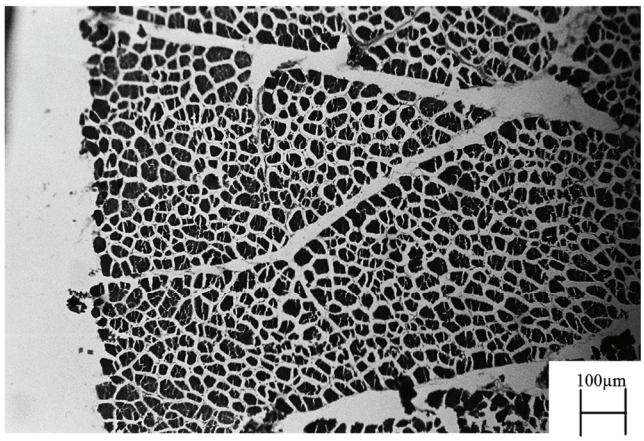
W mięśniach świń przechowywanych zamrażalniczo obserwowano podobne zmiany, jak w surowcu składowanym w temperaturze bliskiej krioskopowej przez 14 i 28 dni, tj. miały miejsce częściowe zmiany struktury pęczków, które przejawiały się licznymi pęknięciami podłużnymi włókien mięśniowych, ich zakres wynosił ok. 60 % (fot. 8).

Zastosowane warunki przechowywania wpłynęły w różnym stopniu na strukturę tkanki mięśniowej *LL* dzików i świń. Najbardziej widoczne zmiany miały miejsce w wyniku przechowywania zamrażalniczego. Podczas składowania eksperymentalnych elementów w t.b.k. destrukcja mięśnia była nieznaczna, jednak postępowała wraz z upływem czasu składowania.

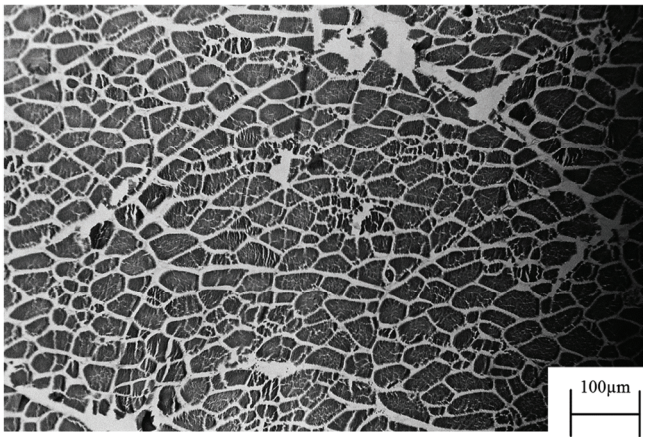
Zakres zmian wyróżników fizykochemicznych, jak również struktury w mrożonym mięsie zależy od cech budowy surowca, szybkości zamrażania, ilości wymrożonej wody, stabilności temperatury podczas przechowywania, a także od warunków rozmrażania [1, 9, 10, 25]. Niewątpliwie dobrze rozwinięta śródmięśniowa tkanka łączna w mięśniach dzików sprzyjała stabilizacji struktury zamrożonych elementów [8, 25, 27].

Zmianom budowy przechowywanych mięśni towarzyszyła zróżnicowana zdolność utrzymywania wody (tab. 2). Analizując strukturę badanych elementów w relacji z wynikami zdolności utrzymywania wody oznaczonej w mięśniach *LL* świń i dzików, w innych badaniach własnych, stwierdzono, że surowiec wieprzowy charakteryzowały niższe wartości WHC w porównaniu z elementami pochodzącymi z tusz dzika [20]. W cytowanych badaniach w miarę wydłużania okresu przechowywania elementów

wieprzowych i dziczyzny zwiększał się również poziom wolnych grup aminowych. Zawartość produktów degradacji białek wzrastała w przypadku obu badanych surowców i osiągnęła wartości najwyższe po przechowywaniu zamrażalniczym [20]. Powyższe potwierdza bardziej niekorzystny wpływ na strukturę doświadczalnych elementów przechowywania zamrażalniczego.



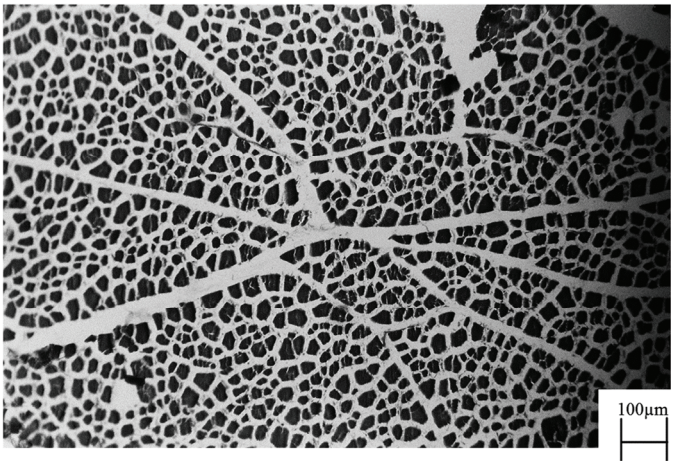
Fot. 7. Struktura mięśnia dzika przechowywanego w stanie zamrożonym przez 28 dób (SF).
Fig. 7. Structure of wild boar muscle stored in a frozen state for 28 days (SF).



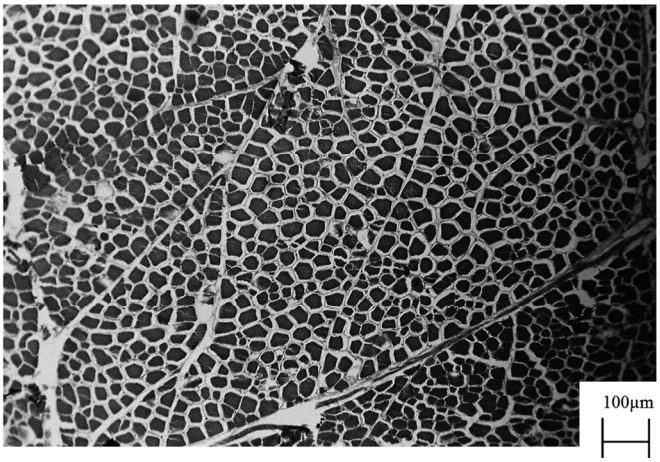
Fot. 8. Struktura mięśnia świni przechowywanego w stanie zamrożenia przez 28 dób (SF).
Fig. 8. Structure of pig muscle stored in a frozen state for 28 days (SF).

Poddanie mięśnia *longissimus lumborum* świń obróbce termicznej nie wpłynęło znacząco na budowę tkanki mięśniowej. Mięśnie nieprzechowywane zarówno tuczników, jak również dzików, poddane obróbce cieplnej (NS) charakteryzowały się bardzo dobrze zachowaną organizacją włókiem mięśniowych. Obserwowano niezmienioną

strukturę pęczków włókien mięśniowych oraz włókien (fot. 9 i 10). Na szczególną uwagę zasługiwała wyraźnie zaznaczona budowa *endomysium i perimysium*, głównie o strukturze włóknistej. Natomiast *perimysium* mięśni dzików, poddanych identycznym czynnikom doświadczalnym, charakteryzowała również budowa amorficzna, która widoczna była na ok. 30 % analizowanych obrazów. Prawdopodobnie w wyniku skurczu termicznego włókien tuczników nie obserwowano ich pęknięć podłużnych. W budowie pęczków charakterystyczne były podobne odległości pomiędzy włóknami mięśniowymi, co może świadczyć o nie wystąpieniu większych zmian w budowie

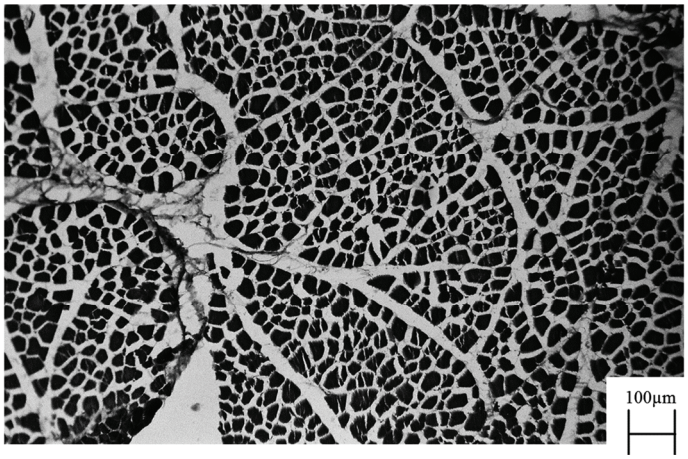


Fot. 9. Struktura nieprzechowywanego mięśnia dzika, poddanego obróbce cieplnej (NS).
Fig. 9. Structure of not stored wild boar, the heat-treated (NS).

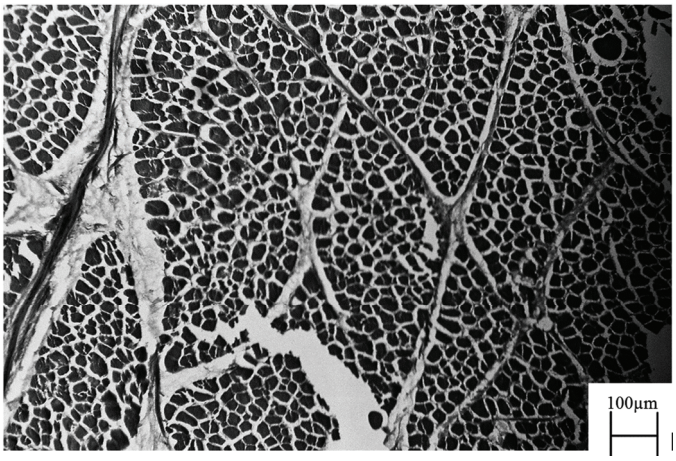


Fot. 10. Struktura nie przechowywanego mięśnia świni, poddanego obróbce termicznej (NS).
Fig. 10. Structure of not stored pig, the heat-treated (NS).

endomysium lub o podobnych zmianach ww. tkanki łącznej w obrębie analizowanej struktury [14, 21]. Dobrze zachowana struktura nieprzechowywanego mięśnia skutkowała najwyższymi wartościami siły cięcia, które odnotowano w prowadzonych na tym samym materiale badaniach instrumentalnych [20]. Obserwacje te są potwierdzeniem danych literaturowych dotyczących ścisłego związku struktury z teksturą mięsa [8, 11, 12].



Fot. 11. Struktura mięśnia dzika przechowywanego w t.b.k. przez 14 dób, poddanego obróbce cieplnej (S14).
Fig. 11. Structure of wild boar muscle stored at near cryoscopic temperature for 14 days, the heat-treated (S14).



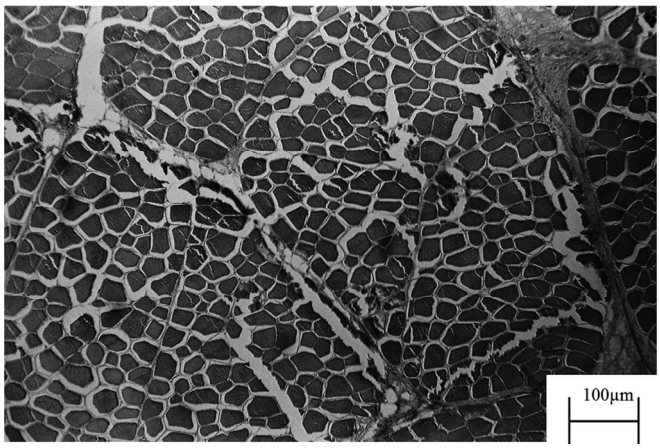
Fot. 12. Struktura mięśnia świni przechowywanego w t.b.k. przez 14 dób, poddanego obróbce cieplnej (S14).
Fig. 12. Structure of pig muscle stored at near cryoscopic temperature for 14 days, the heat-treated (S14).

W mięsie dzików poddanym obróbce cieplnej po 14 dobach przechowywania w t.b.k. nie stwierdzono większych różnic w porównaniu z nieprzechowywanymi próbami traktowanymi termicznie. Nie wystąpiły m.in. uszkodzenia tkanki łącznej, można było obserwować poszczególne włókna mięśniowe i wyraźnie zaznaczone *perimysium*. Pomiędzy włóknami mięśniowymi obserwowano podobne odległości, jedynie na niektórych obrazach stwierdzono pęknięcia podłużne włókien (fot. 11). Obserwowany zanik pęknięć podłużnych komórek mięśniowych był prawdopodobnie konsekwencją skurczu termicznego elementów struktury. Poddanie obróbce termicznej wieprzowych mięśni *LL*, wcześniej przechowywanych w t.b.k. przez 14 dób, powodowało znacznie bardziej zaawansowane zmiany w budowie mięśnia w porównaniu z surowcem nieprzechowywanym. Obserwowano częściowo naruszoną budowę pęczków mięśniowych, przemieszczenie włókien w obrębie pęczków, zróżnicowanie odległości pomiędzy włóknami mięśniowymi oraz pęczkami (fot. 12). Zmiany te były prawdopodobnie konsekwencją nierównomiernego uszkodzenia struktury śródmięśniowej tkanki łącznej, przy równocześnie zachowanych pasywnych właściwościach mechanicznych e*ndomysium* i *perimysium* [14, 21]. W omawianej grupie doświadczalnej stwierdzono znaczne zaawansowanie zmian amorficznych *perimysium,* dotyczyły one ok. 60 % analizowanych obrazów struktury (tab. 1, fot. 12).

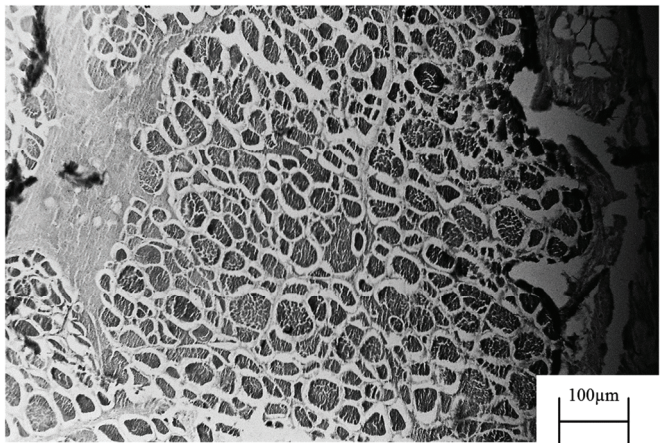
Struktura mięśni dzika poddanych obróbce cieplnej po 28 dobach krioskopowego przechowywania, w porównaniu z surowcem pochodzącym z wcześniejszego okresu składowania w t.b.k., praktycznie nie ulegała zmianie (fot. 13). Organizacja budowy mięśnia była ciągle bardzo dobrze zachowana, odnotowano jednak jeszcze bardziej zaawansowane zmiany amorficzne *perimysium*. Poddanie obróbce cieplnej mięśni świń, wcześniej przechowywanych przez 28 dób w t.b.k, skutkowało wzrostem zaawansowania charakterystycznych zmian w budowie mięśnia, aniżeli miało to miejsce w przypadku prób poddanych 14-dobowemu krioskopowemu składowaniu. Oprócz wspomnianego już naruszenia budowy pęczków, przemieszczenia włókien w ich obrębie, zróżnicowania odległości pomiędzy włóknami mięśniowymi oraz pęczkami, obserwowano w większym stopniu występowanie budowy amorficznej *perimysium* (fot. 14). Powyższe zmiany prawdopodobnie były zarówno konsekwencją postępującej przechowalniczej degradacji mięśni, jak również efektem realizowanej obróbki cieplnej [11, 12].

Mięśnie dzików poddane obróbce cieplnej, po przechowywaniu zamrażalniczym, charakteryzowały liczne pęknięcia podłużne włókien mięśniowych, przy jednocześnie zachowanej charakterystycznej organizacji budowy pęczków (fot. 15). W obrębie śródmięśniowej tkanki łącznej częściowo została zachowana budowa włóknista *perimysium* i *endomysium*. Mięśnie tuczników poddane obróbce cieplnej, po wcześniejszym przechowywaniu zamrażalniczym, charakteryzowały się największym naruszeniem organizacji budowy, zarówno pęczków, jak również włókien mięśniowych, mani-

festującym się przede wszystkim zróżnicowanym rozmieszczeniem włókien mięśniowych w pęczkach, świadczącym o uszkodzeniu śródmięśniowej tkanki łącznej. *Perimysium* odznaczało się częściowo zachowaną budową włóknistą (obserwowaną na ok. 40 % obrazów), a włókna mięśniowe charakteryzowały się bardzo licznymi podłużnymi pęknięciami stwierdzonymi w ok. 80 % analizowanych obrazów (fot. 16). Stosunkowo dobrze zachowana tkanka łączna sprzyjała zachowaniu wartości siły cięcia na

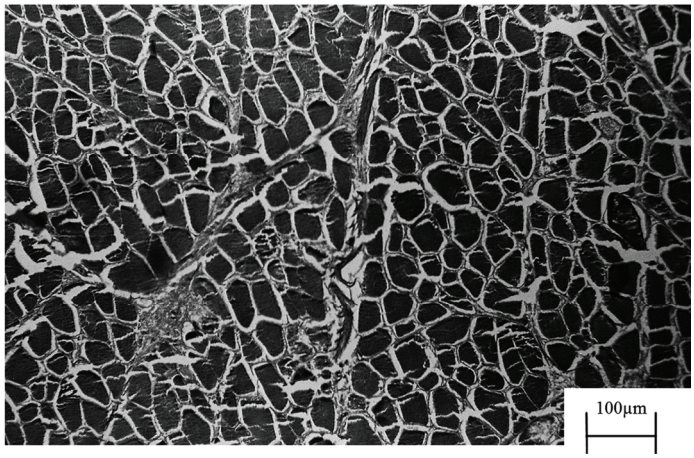


Fot. 13. Struktura mięśnia dzika przechowywanego w t.b.k. przez 28 dób, poddanego obróbce cieplnej (S28).
Fig. 13. Structure of pig muscle stored at near cryoscopic temperature for 28 days, the heat-treated (S28).



Fot. 14. Struktura mięśnia świni przechowywanego w t.b.k. przez 28 dób, poddanego obróbce cieplnej (S28).
Fig. 14. Structure of pig muscle stored at near cryoscopic temperature for 28 days, the heat-treated (S28).

podobnym poziomie, jak w przypadku surowca grupy doświadczalnej S14. Wyniki badań własnych potwierdzają doniesienia literaturowe dotyczące wpływu budowy tkanki mięśniowej na teksturę mięsa [8, 12].



Fot. 15. Struktura mięśnia dzika przechowywanego w stanie zamrożenia przez 28 dób, poddanego obróbce termicznej (SF).
Fig. 15. Structure of wild boar muscle stored in a frozen state for 28 days, the heat-treated (SF).

Fot. 16. Struktura mięśnia świni przechowywanego w stanie zamrożenia przez 28 dób, poddanego obróbce termicznej (SF).
Fig. 16. Structure of pig muscle stored in a frozen state for 28 days, the heat-treated (SF).

Konfrontując strukturę mięśni mrożonych, poddanych obróbce cieplnej (tab. 2), z cytowanymi wynikami oznaczeń reologicznych wykonanych na tym materiale

w innych badaniach własnych [20], stwierdzono, że w przypadku obu eksperymentalnych surowców, wraz z wydłużaniem czasu ich przechowywania w t.b.k. miało miejsce zmniejszenie wartości siły cięcia. Równocześnie obserwowano, że w przypadku mrożonych mięśni wieprzowych, poddanych obróbce cieplnej, wartości siły cięcia były wyższe od oznaczonych po 28 dobach przechowywania krioskopowego, ale niższe od uzyskanych po 14. dobie. Jednocześnie w każdym z eksperymentalnych wariantów były one wyższe w przypadku mięśni świń aniżeli dzików [20].

Wnioski

1. Struktura nieprzechowywanych mięśni dzików w porównaniu ze strukturą mięśni wieprzowych charakteryzowała się bardziej zwartą budową z wyraźnie wyodrębnionymi i zaznaczonymi poszczególnymi jej elementami, tj. pęczkami i włóknami mięśniowymi oraz *perimysium* i *endomysium*. Cechą charakterystyczną dziczyzny było powszechne występowanie śródmięśniowej tkanki tłuszczowej.
2. Przechowywanie eksperymentalnych mięśni w temperaturze bliskiej krioskopowej skutkowało stopniową destrukcją struktury, manifestującą się pęknięciami podłużnymi włókien mięśniowych oraz degradacją śródmięśniowej tkanki łącznej. Zmiany te postępowały intensywniej w mięsie wieprzowym.
3. Najistotniejsze różnice w budowie przechowywanych mięśni świń i dzików, poddanych obróbce cieplnej, dotyczyły zróżnicowania w rozmieszczeniu przestrzennym włókien mięśniowych w obrębie pęczków. Mięśnie dzików w przeciwieństwie do surowca pochodzącego od świń rasy wbp, zachowały charakterystyczną budowę tkankową, natomiast w surowcu wieprzowym obserwowano przemieszczenie włókien w obrębie pęczków.
4. Mniej zaawansowane zmiany struktury w obu eksperymentalnych surowcach wykazano po przechowywaniu ich w temperaturze bliskiej krioskopowej aniżeli po składowaniu zamrażalniczym.
5. Większą destrukcję struktury stwierdzono w surowcu wieprzowym w wyniku obróbki cieplnej po przechowywaniu eksperymentalnych surowców.

Literatura

[1] Chwastowska I., Kondratowicz J.: Wpływ warunków zamrażalniczego przechowywania i technologii rozmrażania na jakość mięsa. Chłodnictwo, 2007, **4**, 40-44.
[2] Dzierżyńska-Cybulko B., Fruziński B.: Dziczyzna jako źródło żywności. PWRiL, Warszawa 1997.
[3] Karlsson A.H., Klont R.E., Fernadez X.: Skeletal muscle fibers as factor for pork quality. Livestock Production Science, 1999, **60**, 255-269.
[4] Klont R.E., Brock L., Eilelenboom G.: Muscle fiber type and meat quality. Meat Sci., 1999, **49**, 219-229.

[5] Kołczak T., Pospiech E., Palka K., Łacki J.: Changes in structure of poses major and minor and semitendinosus muscles of calves, heifers and cows during post – mortem ageing. Meat Sci., 2003, **64**, 77-83.
[6] Korzeniowski W., Bojarska U., Cierach M.: Wartość odżywcza mięsa dzików. Med. Wet., 1991, **6**, 279-281.
[7] Korzeniowski W., Żmijewski T.: Charakterystyka chemiczna mięsa dzików. Gosp. Mięs., 2001, **3**, 24-25.
[8] Lachowicz K., Żochowska J., Sobczak M.: Comparison of texture and structure of selected muscles of piglets and wild boar juveniles. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **1**, 75-79.
[9] Ngapo T.M. Babare I.H., Reynolds J., Mawson R.F.: A preliminary investigation of the effects of frozen storage on samples of pork. Meat Sci., 1999, **53**, 169-177.
[10] Ngapo T.M., Babare I.H., Reynolds J., Mawson R.F.: Freezing rate and frozen storage effects on the ultrastructure of samples of pork. Meat Sci., 1999, **53**, 159-168.
[11] Palka K., Daun H.: Changes in texture, cooking losses and myofibrillar structure of bovine *m. semitendinosus* during heating. Meat Sci., 1999, **51**, 237-243.
[12] Palka K.: Zmiany w mikrostrukturze i teksturze mięśni bydlęcych podczas dojrzewania poubojowego i ogrzewania. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 2000, **270**, 1-63.
[13] Polak E.: Utrwalanie żywności metodą zamrażania lub chłodzenia. Chłodnictwo, 2007, **XLII (3)**, 42-45.
[14] Purslow P.P.: Strain- induced reorientation of an intramuscular connective tissue network: implications for passive muscle elasticity. J. Biomech., 1989, **22 (1)**, 21-31.
[15] Schwägele F.: Struktur und Funktion des Muskels. Fleischwirtschaft, 2004, **4**, 168-171.
[16] Szczepański J., Szmańko T., Korzeniowska M.: Characteristics of carcass traits and physicochemical properties of meat from pig with wild boar crossbreed. Animal Sci., 2007, **58 (1)**, 134-135.
[17] Szmańko T. Wyskiel S., Gajewczyk P.: Zależność między zdolnością utrzymywania wody a budową histologiczną tkanki mięśniowej świń. Prace i Mat. Zoot. Zesz. Spec., 2002, **13**, 177-183.
[18] Szmańko T., Dorobisz A., Szczepański J.: Struktura i wybrane właściwości fizykochemiczne wędzonek z mięsa wołowego przechowywanych w temperaturze bliskiej krioskopowej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość., 2003, **1 (34)**, 59-71.
[19] Szmańko T., Duda Z., Szczepański J.: Wpływ przechowywania wędzonek w temperaturze bliskiej krioskopowej i w stanie zamrożonym na ich jakość sensoryczną. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość., 2004, **1 (38)**, 105-119.
[20] Szmańko T., Górecka J., Korzeniowska M., Malicki A., Eremenko E.: Comparison of chosen quality parameters of meat from wild boar and domestic pigs. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2007, **57**, 523-528.
[21] Szmańko T., Honikel K.O., Hofmann K.: Changes in histological structure and physicochemical properties of raw, cured, smoked pork loins resulting from freezing near cryoscopic temperature. Die Nahrung, 1995, **39 (5/6)**, 432-451.
[22] Szmańko T., Malicki A., Cichoń A., Brużewicz S., Dworecka E.: Quality of sopocka pork loin wrapped directly post thermal treatment or after chilling and stored at near cryoscopic temperature. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2005, **14/55**, 111-116.
[23] Szmańko T., Szczepański J., Korzeniowska M.: Culinary and technological usefulness of meat from crossbreed of pig with wild boar. Animal Sci., 2007, **58 (1)**, 136-137.
[24] Wielbo E., Lechowski J.: Zróżnicowanie cech fizycznych mięśni szkieletowych u dzika (*Sus scrofa ferus*) i czystej rasy wbp. Annales Universitatis M. Curie-Skłodowska Lublin, 2002, **10**, 59-67.
[25] Wrotek E., Statkiewicz U.: Ocena jakości mrożonego mięsa z dzika przechowywanego w chłodniach składowanych przez 12 miesięcy. Gosp. Mięs., 1991, **7**, 7-9.
[26] Zawistowski S.: Technika histologiczna. PZWL, Warszawa 1986.

[27] Żochowska J., Lachowicz K., Gajowiecki L., Sobczak M., Kotowicz M., Żych A.: Effects of carcass weight and muscle on texture, structure and myofibril characteristic of wild boar meat. Meat Sci. 2005, **71**, 244-248.

COMPARING MEAT STRUCTURE OF WILD BOARS AND DOMESTIC PIGS STORED AT NEAR TO CRYOSCOPIC TEMPERATURE OR IN A FROZEN STATE

S u m m a r y

In the study, an attempt was made to assess the impact of storing major elements of wild boars and pigs from battery farming at a near cryoscopic temperature (n.c.t.) and of thermal treatment thereof on the structure of muscle tissue. The analysis of the impact was made in comparison to samples stored under the frozen conditions.

It was proved that the storage of meat of both the wild boars and the pigs at a near cryoscopic temperature beneficially impacted the muscle tissue structure that was significantly less destructed compared to changes, which occurred in the raw material kept under the freezing conditions. The most essential differences in the structure of pigs' and wild boars' muscles consisted in the spatial arrangement of muscle fibres within fascicles (bundle of muscle fibres). During storage, the muscles of wild boars retained their characteristic muscle tissue structure; however, in the pork meat of 'plw' (Polish Large White) pig breed, a dislocation of fibres was found within the fascicles.

Key words: venison, pork, game, freezing, storage at near cryoscopic temperature (n.c.t.), structure

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 161 – 172

RYSZARD ŻYWICA, JOANNA K. BANACH, DOROTA G. CHARZYŃSKA, BOGUSŁAW STANIEWSKI

WPŁYW DODATKU OLEJU SŁONECZNIKOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI PRZEWODNOŚCIOWE MIKSÓW TŁUSZCZOWYCH

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

W pracy przedstawiono wyniki badań, których celem było określenie wpływu dodatku oleju słonecznikowego (10, 20, 30, 40 %) i częstotliwości napięcia pomiarowego (20 Hz - 2 MHz) na zmiany przewodnictwa elektrycznego masła i miksów tłuszczowych.

Największe tempo zmian parametrów przewodnościowych (admitancji, konduktancji, impedancji, rezystancji) masła oraz miksów tłuszczowych stwierdzono w zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz. Wartości tych parametrów zmieniały się w zakresie od ok. 5,5 do ok. 107 % wraz ze wzrostem udziału oleju słonecznikowego. Największy zakres zmian, w wyżej wymienionym przedziale częstotliwości, dotyczył konduktancji i admitancji. Wraz ze zwiększaniem udziału oleju w maśle wartość kondunktancji miksów zmieniała się od ok. 7 do ok. 107 %, a admitancji od ok. 5,5 do ok. 40 %. Uzyskano również statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$, $p \leq 0,05$) między wartościami admitancji miksów o różnej zawartości oleju słonecznikowego oraz masła. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dalsze badania nad określaniem zawartości oleju słonecznikowego w miksach tłuszczowych i wykrywaniem ich zafałszowań powinny koncentrować się na pomiarach admitacji i konduktancji.

Słowa kluczowe: masło, olej słonecznikowy, miksy tłuszczowe, parametry przewodnościowe

Wprowadzenie

Masło jest jednym z ważniejszych produktów mleczarskich. Zgodnie z wymaganiami Komisji Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO, masło jest produktem wysokotłuszczowym otrzymywanym wyłącznie z mleka krowiego. Skład masła charakteryzuje się takim samym składem jak mleko, tylko występującym w innych proporcjach. W porównaniu z mlekiem, w maśle występuje większa koncentracja tłuszczu mleko-

Prof. dr hab. inż. R. Żywica, dr inż. J. K. Banach, mgr inż. D. G. Charzyńska, Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego, Podstaw Techniki oraz Gospodarki Energią, pl. Cieszyński 1, dr hab. inż. B. Staniewski, prof. UWM, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn

wego (ok. 85 %) i zawartych w nim witamin oraz mniejsza zawartość takich składników, jak: woda, białko, laktoza i sole mineralne. Pod względem fizycznym masło jest emulsją typu woda w oleju, składającym się z trzech faz: tłuszczowej, wodnej i gazowej. Fazę ciągłą stanowi tłuszcz mleczny, rozproszoną: kuleczki tłuszczowe, krople fazy wodnej oraz pęcherzyki powietrza [20].

Masło jest cennym źródłem rozpuszczalnych w tłuszczach, najlepiej przyswajalnych form witamin A i E oraz przyswajalnej w niewielkim stopniu witaminy D. Jest również źródłem łatwo dostępnej energii, potrzebnej do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka [3]. Równocześnie ze względu na dużą zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych i małą zawartość kwasów nienasyconych oraz wysoki poziom cholesterolu w tłuszczu mlekowym, uważa się, że masło jest czynnikiem ryzyka w chorobach układu sercowo-naczyniowego [4, 15]. Do niekorzystnych cech masła zalicza się stosunkowo dużą twardość w niskiej temperaturze, co jest przyczyną słabej smarowności bezpośrednio po jego wyjęciu z chłodziarki [7, 16]. Dlatego zakłady mleczarskie zaczęły produkować produkty masłopodobne o zmodyfikowanej fazie tłuszczowej. Zawartość tłuszczu mlekowego jest zmniejszana przez dodatek olejów roślinnych (np. słonecznikowego, rzepakowego, sojowego, palmowego) [19]. Dodatek olejów roślinnych w procesie produkcji masła prowadzi do zmian w proporcji kwasów nasyconych do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) oraz wpływa na poprawę jego smarowności [15, 20]. Zastępowanie tłuszczu mlekowego tłuszczami roślinnymi nie zawsze jest związane z poprawą walorów smakowych, zdrowotnych czy użytkowych masła, podyktowane jest często względami ekonomicznymi. Producenci i przetwórcy wykorzystując fakt, że cena tłuszczu roślinnego jest kilkakrotnie niższa od tłuszczu mlekowego zaczęli coraz częściej zastępować tłuszcz mlekowy tłuszczem roślinnym, wprowadzając w błąd konsumenta co do autentyczności składu produktu [8, 12].

Do tradycyjnych metod analitycznych oceny zawartości poszczególnych rodzajów tłuszczów występujących w produktach spożywczych jest stosowana chromatografia gazowa i cieczowa [5, 12]. Ze względu na duży koszt odczynników oraz czasochłonność i pracochłonność zaczęto poszukiwać szybszych i tańszych metod z zachowaniem powtarzalności i dokładności wyników. W ostatnich latach coraz częściej do badań produktów żywnościowych wykorzystuje się ich właściwości elektryczne. Badania właściwości elektrycznych tych produktów polegają głównie na pomiarach takich parametrów, jak: impedancja, rezystancja, admitancja i konduktancja [23, 24].

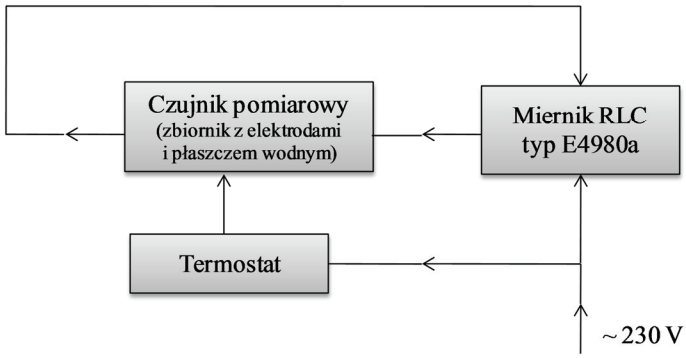
Wyżej wymienione parametry elektryczne pozwalają na: odróżnienie mleka pełnego od mleka odtłuszczonego [11], określenie stopnia zmian składników mleka podczas procesu homogenizacji [1], wykrywanie zafałszowań mleka wodą [2, 10, 21] lub olejem rafinowanym [14] oraz określania składu chemicznego, świeżości i jakości mleka w procesach przechowywania [10, 22, 23]. Metody polegające na pomiarach

parametrów elektrycznych pozwalają również na wykrywanie obecności drobnoustrojów chorobotwórczych, w tym wykrywanie mleka pochodzącego od krów chorych na *mastitis* [13] czy substancji hamujących w mleku [9]. Stosowane są także do badań nad stopniem ukwaszenia mlecznych napojów fermentowanych [17] oraz do oceny jakości dodawanego koncentratu partykułowanych białek serwatkowych do mleka serowarskiego [18].

Na podstawie wyników badań zamieszczonych w dostępnym piśmiennictwie i wyników badań własnych założono, że obecność oleju roślinnego w mleku i produktach mleczarskich powoduje zmianę ich składu chemicznego oraz zmianę koncentracji poszczególnych składników przewodzących prąd elektryczny i postawiono hipotezę, że obecność oleju roślinnego w miksach tłuszczowych wpływa na ich właściwości elektryczne, Biorąc zatem pod uwagę powyższą hipotezę przeprowadzono badania mające na celu określenie wpływu dodatku oleju słonecznikowego i częstotliwości napięcia pomiarowego na zmiany przewodnictwa elektrycznego masła i miksów tłuszczowych, charakteryzowane za pomocą najczęściej stosowanych do tego celu parametrów: impedancji, admitancji, rezystancji oraz kondunktancji.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiło masło i olej słonecznikowy zakupione w placówkach handlu detalicznego. Miksy tłuszczowe (n = 3) uzyskano w procesie miksowania masła z olejem słonecznikowym, odpowiednio w następujących proporcjach masowych [%]: 90/10, 80/20, 70/30 i 60/40. Próbę kontrolną stanowiło masło o zawartości tłuszczu mlekowego 82 %. Masło i miksy tłuszczowe po doprowadzeniu do postaci płynnej (ok. 40 °C) nalewano do zbiorników szklanych (własnej konstrukcji) z dwiema elektrodami płytkowymi, wykonanymi ze stali kwasoodpornej, zamontowanymi przylegająco do dwóch przeciwległych (o większej powierzchni) ścian zbiornika, w ilości ok. 300 g. Powierzchnia elektrod wynosiła 67,5 cm^2, odległość między nimi wynosiła 5 cm. Zbiorniki z próbami wstawiano do komory klimatyzacyjnej firmy Memmert o temperaturze powietrza 40 °C na 24 h. Pomiary parametrów elektrycznych masła i miksów tłuszczowych wykonywano za pomocą miernika LCR firmy Agilent typu E4980a. Badane próby umieszczano w zbiorniku z płaszczem wodnym o obiegu zamkniętym, który był podłączony do termostatu o temperaturze wody 40 °C. Układ miernik – termostat łączono za pomocą przystawki pomiarowej będącej na wyposażeniu miernika (rys. 1). Pomiary parametrów elektrycznych wykonywano w układzie równoległym: admitancji (Y) i kondunktancji (G) oraz w układzie szeregowym: impedancji (Z) i rezystancji (R) w zakresie częstotliwości od 20 Hz do 2 MHz, przy napięciu pomiarowym 200 mV. Pomiary parametrów elektrycznych każdej próby wykonano w trzech powtórzeniach.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego do badania przewodnictwa elektrycznego masła i miksów tłuszczowych.
Fig. 1. Diagram of measurement system to examine electric conductivity of butter and fat mixes.

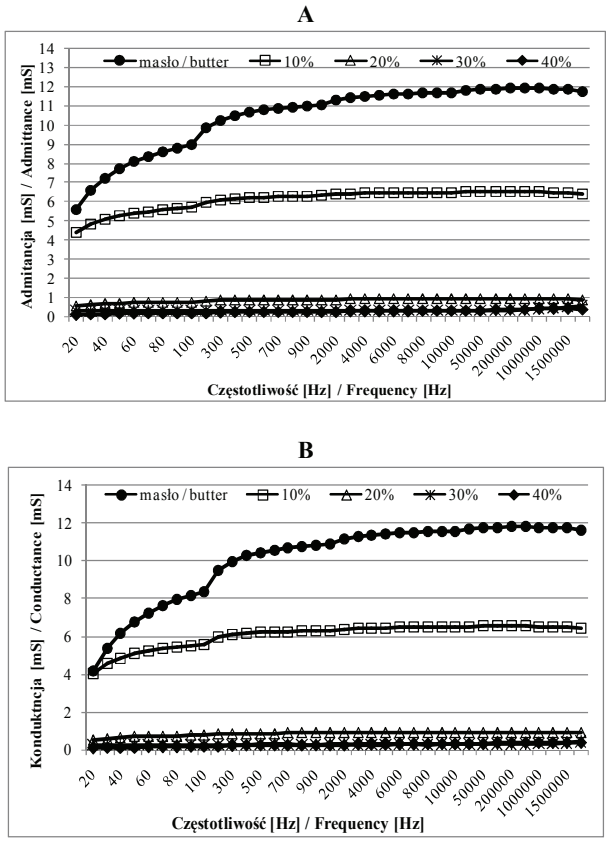
Analizę statystyczną uzyskanych wyników pomiarów parametrów elektrycznych masła i miksów tłuszczowych przeprowadzono za pomocą programu Statistica 8.0., wykonując 1- i 2-czynnikową analizę wariacji ANOVA.

Wyniki i dyskusja

Wyniki pomiarów parametrów elektrycznych w równoległym i szeregowym układzie pomiarowym w zależności od częstotliwości napięcia pomiarowego wykazały, że ich wartości uzyskane w wyniku pomiarów zarówno masła, jak i miksów tłuszczowych zmieniały się wraz ze wzrostem częstotliwości. Największe tempo zmian mierzonych parametrów zaobserwowano w zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz.

Równoległy układ pomiarowy

W zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz średnie wartości admitancji (Y) oraz konduktancji (G) masła były największe i zwiększały się wraz ze wzrostem częstotliwości napięcia pomiarowego odpowiednio: od 5,59 do 8,99 mS, tj. o ok. 61 % oraz od 4,20 do 8,39 mS, tj. o ok. 99 %. Średnie wartości Y oraz G miksu tłuszczowego z dodatkiem 10 % oleju słonecznikowego również zwiększały się odpowiednio: od 4,41 do 5,70 mS, tj. o ok. 29 % oraz od 4,04 do 5,60 mS, tj. o ok. 38 %. W przypadku próby z dodatkiem 20 % oleju średnie wartości Y oraz G zwiększyły się od 0,60 do 0,79 mS, tj. o ok. 32 % oraz od 0,55 do 0,77 mS, tj. o ok. 41 %. Średnie wartości Y oraz G prób z dodatkiem 30 i 40 % oleju zwiększyły się od 0,30 do 0,33 mS, tj. o ok. 9 % oraz od 0,26 do 0,27 mS, tj. o ok. 7 % i od 0,12 do 0,20 mS, tj. o ok. 67 % oraz od 0,09 do 0,19 mS, tj. o ok. 107 % (rys. 2A, 2B).



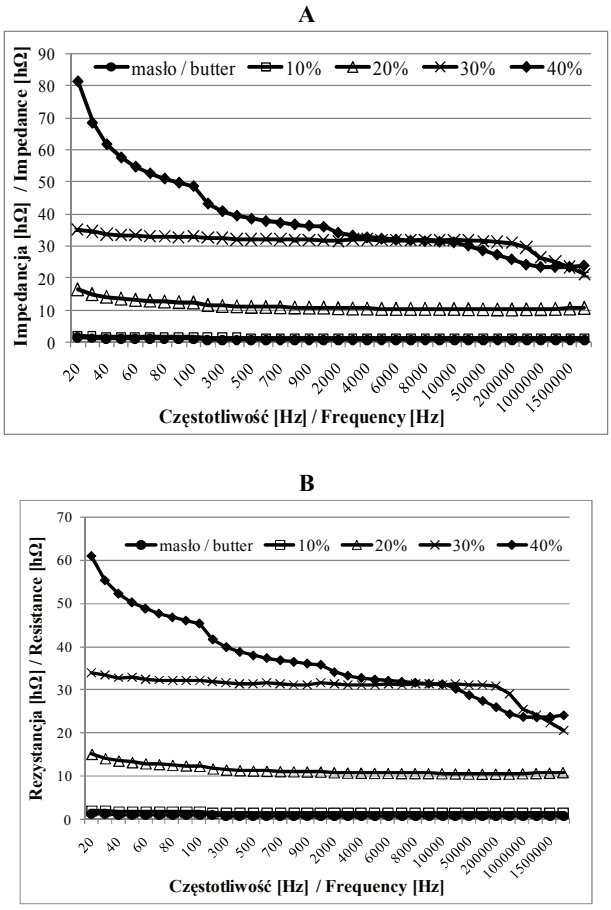
Rys. 2. Zmiany wartości admitancji (A) i konduktancji (B) masła i miksu tłuszczowego z dodatkiem oleju słonecznikowego w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego.

Fig. 2. Changes in admittance (A) and conductance (B) values of butter and fat mix with addition of sunflower oil as a function of changes in frequency of measuring (rated) voltage.

Szeregowy układ pomiarowy

W zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz największym tempem zmian impedancji (Z) oraz rezystancji (R) charakteryzował się miks tłuszczowy z dodatkiem 40 % oleju słonecznikowego. Wartości średnie wyżej wymienionych parametrów były również największe i wraz ze wzrostem częstotliwości napięcia pomiarowego zmniejszały się odpowiednio od 81,52 do 48,87 hΩ, tj. o ok. 40 % oraz od 60,89 do 45,29 hΩ, tj. o ok. 26 %. Najmniejszymi wartościami średnimi Z oraz R w tym przedziale częstotliwości charakteryzowało się masło, przy czym tempo zmian Z oraz R masła było mniejsze od tempa zmian próby z dodatkiem 40 % oleju o ok. 3 %. Wartości średnie Z oraz R masła zmniejszyły się od 1,77 do 1,10 hΩ, tj. o ok. 38 % oraz od 1,34 do 1,04 hΩ, tj. o ok. 23 %. Najmniejszym tempem zmian w zakresie częstotliwości od

20 do 100 Hz, charakteryzowała się próba z dodatkiem 30 % oleju słonecznikowego. Wartości średnie Z i R zmniejszyły się od 35,14 do 33,19 hΩ, tj. o ok. 5,5 % i od 34,02 do 32,09 hΩ, tj. o ok. 6 % . Wartości średnie Z i R prób z dodatkiem 10 oraz 20 % oleju zmniejszyły się odpowiednio: od 2,26 do 1,75 hΩ, tj. o ok. 22 % i od 2,08 do 1,72 hΩ, tj. o ok. 17 % oraz od 16,56 do 12,57 hΩ, tj. o ok. 24 % i od 15,15 do 12,31 hΩ, tj.o ok. 19 % (rys. 3A, 3B).



Rys. 3. Zmiany wartości impedancji (A) i rezystancji (B) masła i miksu tłuszczowego z dodatkiem oleju słonecznikowego w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego

Fig. 3. Changes in impedance (A) and resistance (B) values of butter and fat mix with addition of sunflower oil as a function of changes in frequency of measuring (rated) voltage

Wyniki pomiarów parametrów przewodnościowych (Y, G, Z, R) masła oraz miksów tłuszczowych wykazały, że ich wartości zmieniały się w zakresie od ok. 5,5 % do ok. 107 %, w tym wartości admitancji zmieniały się w zakresie od ok. 9 % do ok. 67 %

(rys. 2A), wartości konduktancji w zakresie od ok. 7 % do ok. 107 % (rys. 2B), wartości impedancji w zakresie od ok. 5,5 % do ok. 40 % (rys. 3A), a wartości rezystancji w zakresie od ok. 6 % do ok. 26 % (rys. 3B). Największa zmiana dotyczyła wartości konduktancji miksu z dodatkiem 40 % oleju słonecznikowego, która wynosiła ok. 107 %. Najmniejsza natomiast (ok. 5,5 %) odnosiła się do impedancji miksu z dodatkiem 30 % oleju.

Analiza statystyczna wyników pomiarów parametrów elektrycznych masła oraz miksów tłuszczowych w zależności od procentowego udziału w nich oleju słonecznikowego w zakresie częstotliwości od 300 Hz do 2 MHz wykazała, że na poziomie istotności $p \leq 0,01$ istnieją statystyczne różnice między wartościami impedancji, rezystancji, admitancji i konduktancji masła a wartościami tych parametrów miksów tłuszczowych o zawartości 10 % oleju słonecznikowego oraz między wartościami wymienionych wyżej parametrów miksów o zawartości 10 i 20 oraz 20 i 30 % oleju słonecznikowego. Istotne różnice ($p \leq 0,05$) między wartościami analizowanych parametrów miksów o zawartości 30 i 40 % oleju stwierdzono tylko w przypadku admitancji (tab. 1, 2).

W dostępnym piśmiennictwie brak jest wyników badań z zakresu wpływu dodatku oleju roślinnego na zmiany właściwości elektrycznych miksów tłuszczowych, więc nie można przeprowadzić analizy porównawczej uzyskanych wyników z wynikami badań innych autorów. Przeprowadzona analiza wewnętrzna zamieszczonych w pracy wyników badań wykazała wyraźnie, że największe różnice uzyskano między wartościami admitancji i konduktancji masła, a wartościami tych parametrów miksów o zawartości 10 % oleju słonecznikowego oraz między wartościami admitancji i konduktancji miksów o zawartości 10 % oleju, a wartościami tych parametrów miksów o zawartości 20 % oleju słonecznikowego. Dalszy wzrost zawartości oleju w miksach nie powodował już tak dużego wzrostu wartości ich admitancji i konduktancji. Różnice powyższe uwidoczniły się najbardziej przy częstotliwościach wyższych od 300 Hz (rys. 2A, 2B).

Wyniki pomiarów impedancji i rezystancji wykazały natomiast, że największe różnice uzyskano między wartościami tych parametrów miksu o zawartości 40 % oleju a wartościami impedancji i rezystancji miksu o zawartości 30 % oleju oraz między próbami o 30 a 20 % i 20 a 10 % zawartości oleju słonecznikowego. Najmniejsze różnice stwierdzono między wartościami impedancji i rezystancji miksu o 10 % udziale oleju a wartościami impedancji i rezystancji masła. Różnice powyższe najbardziej uwidoczniły się w zakresie częstotliwości od 20 do 300 Hz.

T a b e l a 1

Analiza statystyczna wyników pomiarów admitancji i konduktancji masła oraz miksów tłuszczowych z dodatkiem oleju słonecznikowego, w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego.
Statistical analysis of measurement results of admittance and conductance of butter and fat mixes with addition of sunflower oil as a function of measuring (rated) voltage frequency.

Materiał doświadczalny / Miary statystyczne Experimental group / Statistical measures		Admitancja [mS] / Admittance [mS]										Konduktancja [mS] / Conductance [mS]									
		masło		10 %		20 %		30 %		40 %		masło		10 %		20 %		30 %		40 %	
		$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD
		11,43	0,50	6,42	0,12	0,92	0,02	0,36	0,06	0,32	0,06	11,26	0,53	6,41	0,13	0,92	0,03	0,30	0,03	0,32	0,059
Admitancja, Konduktancja [mS] Admittance, Conductance [mS]	Masło Butter	–		**		**		**		**		–		**		**		**		**	
	10 %	–		–		**		**		**		–		–		**		**		**	
	20 %	–		–		–		**		**		–		–		–		**		**	
	30 %	–		–		–		–		*		–		–		–		–		NS	

Objaśnienia: / Explanatory notes:
$\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; ** – różnice statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,01$/ statistically significant differences at $p \leq 0.01$; * – różnice statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,05$ / statistically significant differences at $p \leq 0.05$; NS – brak istotnych różnic / no significant differences.

T a b e l a 2

Analiza statystyczna wyników pomiarów impedancji i rezystancji masła oraz miksów tłuszczowych z dodatkiem oleju słonecznikowego, w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego.
Statistical analysis of measurement results of impedance and resistance of butter and fat mixes with addition of sunflower oil as a function of measuring (rated) voltage frequency.

Materiał doświadczalny / Miary statystyczne Experimental group / Statistical measure		Impedancja [hΩ] / Impedance [hΩ]										Rezystancja [hΩ] / Resistance [hΩ]									
		masło/butter		10 %		20 %		30 %		40 %		masło/butter		10 %		20 %		30 %		40 %	
		$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD D	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD	$\bar{x}$	s SD
		0,86	0,04	1,56	0,03	10,82	0,30	30,66	2,99	31,85	5,36	0,86	0,03	1,56	0,03	10,80	0,28	30,00	3,09	31,55	5,09
Impedancja, Rezystancja [hΩ] / Impedance, Resistance [hΩ]	Masło Butter	–		**		**		**		**		–		**		**		**		**	
	10 %	–		–		**		**		**		–		–		**		**		**	
	20 %	–		–		–		**		**		–		–		–		**		**	
	30 %	–		–		–		–		NS		–		–		–		–		NS	

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

Częściowym wyjaśnieniem tak dużej różnicy w wartościach admitancji i konduktancji miksu o zawartości 10 i 20 % oleju, a także w wartościach impedancji i rezystancji miksu o zawartości 40, 30 i 20 % oleju w porównaniu z wartościami tych parametrów miksów o innym udziale oleju słonecznikowego jest prawdopodobnie występujący przy tego typu mieszaninach brak ścisłej proporcjonalności zmian badanych różnych właściwości fizycznych przy praktycznie proporcjonalnych zmianach składu kwasów tłuszczowych (np. proporcjonalny wzrost udziału kwasów nienasyconych przy wzroście udziału oleju słonecznikowego w mieszaninie) oraz składu triacylogliceroli. Z prowadzonych w tym zakresie badań wynika również, że największe zmiany właściwości fizycznych mieszanin tłuszczu mlekowego z olejami roślinnymi występują najczęściej między 10 i 20 % udziałem olejów [6].

W celu pełnego wyjaśnienia różnic między wartościami parametrów elektrycznych należy przeprowadzić dalsze badania nad określeniem wpływu dodatku oleju słonecznikowego, przede wszystkim na zmiany admitancji i konduktancji masła oraz miksów tłuszczowych przy zmniejszonym zakresie udziału oleju słonecznikowego (np. do 20 %) i zwiększonej liczbie próbek (co 5, a nawet co 3 %).

Wnioski

1. Największe tempo zmian parametrów elektrycznych uzyskano w wyniku pomiarów admitancji i konduktancji masła bez dodatku oleju oraz w wyniku pomiarów impedancji i rezystancji miksu tłuszczowego z dodatkiem 40 % oleju słonecznikowego, w przedziale częstotliwości od 20 do 100 Hz.
2. Największe zmiany admitancji i konduktancji miksów tłuszczowych wraz ze wzrostem procentowego udziału oleju słonecznikowego oraz największe różnice między wartościami tych parametrów miksu o zawartości 10 i 20 % oleju wskazują na największą przydatność admitancji i konduktancji do dalszych badań nad określaniem zawartości oleju słonecznikowego w miksach tłuszczowych i wykrywaniem ewentualnych zafałszowań masła, zwłaszcza przy zróżnicowanym dodatku oleju (do 20 %).

Literatura

[1] Banach J., K., Żywica R., Kiełczewska K.: Effect of homogenization on milk conductance properties. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2008, **58**, 107-111.
[2] Banach J.K., Żywica R., Szpendowski J., Kiełczewska K.: Possibilities of using electrical parameters of milk for assessing its adulteration with water. Int. J. Food Prop., 2012, w druku.
[3] Cichosz G.: Prozdrowotne właściwości tłuszczu mlekowego. Przegl. Mlecz., 2007, **5**, 4-8.
[4] Cichosz G.: Zdrowotne skutki substytucji tłuszczu mlekowego olejami roślinnymi. Przegl. Mlecz., 2007, **12**, 4-9.

[5] Destaillats F., Wispelaere M., Joffre F., Golay P., Huga B., Giuffrida F., Fauconnot L., Dionisi F.: Authenticity of milk fat by fast analysis of triacylglycerols. Application to the detection of partially hydrogenated vegetable oils. J. Chromatogr., 2006, **1131**, 227-234.

[6] Fox P.F., McSweeney P.L.H.: Advanced Dairy Chemistry – 2. Lipids. Springer Science-Business Media, Inc., New York, USA, 2006.

[7] Juśkiewicz M., Kisza J., Staniewski B.: Wybrane cechy fizykochemiczne mieszanin tłuszczu mlekowego z olejami roślinnymi. Acta Acad. Agric. Techn. Olst., 1993, **25**, 37-49.

[8] Koca N., Kocaoglu-Vurma N.A., Harper W.J., Rodriguez-Saona L.E.: Application of temperature-controlled attenuated total reflectance-mid-infrared (ATR-MIR) spectroscopy for rapid estimation of butter adulteration. Food Chem., 2010, **121**, 778-782.

[9] Łobacz A., Kowalik J., Ziajka S.: Wykorzystanie zjawiska impedancji w mikrobiologii i higienie żywności. Med. Wet., 2008, **68 (8),** 966-968.

[10] Mabrook M. F., Petty M.C.: A novel technique for the detection of added water to full fat milk using single frequency admittance measurements. Sensor Actuator B, 2003, **96**, 215-218.

[11] Marcinowska M., Żywica R., Kiełczewska K., Czerniewicz M.: Study of conductivity and capacity properties of full fat and skim milk. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **2** Supp., 129-134.

[12] Nogala-Kałucka M., Pikul J., Siger A.: Zastosowanie chromatografii cieczowej w badaniach autentyczności masła. Żywność. Nauka. Technologia Jakość, 2008, **3** (58), 47-56.

[13] Norberg E.: Electrical conductivity of milk as phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis: A review. Livestock Production Science, 2005, **96**, 129-139.

[14] Sadat A., Mustajab P., Khan I.A.: Determining the adulteration of natural milk with synthetic milk using ac conductance measurement. J. Food Eng., 2006, **77**, 472-477.

[15] Smoczyński S., Borejszo Z., Żegarska Z., Paszczyk B.: Tłuszcze roślinne i zwierzęce. W: Innowacyjność w kształtowaniu jakości wyrobów i usług. Red. J. Żuchowski. Inst. Technol. Eksploatacji PIB, Radom 2006, ss. 762-763.

[16] Staniewska K., Staniewski B.: Towaroznawcza ocena autentyczności wybranej grupy tłuszczów stołowych dostępnych na rynku Olsztyńskim. Red. J. Żuchowski. Inst. Technol. Eksploatacji PIB, Radom 2008, ss. 94-101.

[17] ST-Gelais D., Champagne C. P.: The use of electrical conductivity to follow acidification of dairy blends. Int. Dairy J., 1995, **5**, 427-438.

[18] Szymański E., Szpendowski J., Żywica R., Banach J.K.: Wpływ dodatku koncentratu partykułowanych białek serwatkowych do mleka serowarskiego na jego właściwości elektryczne. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **1 (68)**, 58 - 70.

[19] Zander Z., Zander L., Wasilewski R.: Technika i technologia wyrobu masła z dodatkiem oleju roślinnego. Przegl. Mlecz., 2000, **3**, 75-77.

[20] Ziajka S.: Mleczarstwo – zagadnienia wybrane. Wyd. ART, Olsztyn 1997, ss. 106-112.

[21] Żywica R., Banach J.K., Szpendowski J., Kiełczewska K.: Application of conductance properties of raw milk for the evaluation of the degree of its dilution. In: Current Trends In Commodity Science. Food Safety – pod red. M. Małecka i U. Samotyja. Zesz. Nauk. UE Poznań, 2010, **147**, 71-78.

[22] Żywica R. Budny J.: Changes of selected physical and chemical parameters of raw milk during storage. Czech J. Food Sci., 2000, **245**, 241-242.

[23] Żywica R., Kiełczewska K., Kruk A., Marcinowska M.: Wpływ temperatury i czasu przechowywania na zmiany właściwości elektrycznych mleka surowego. Przegl. Mlecz., 2002, **6**, 268-271.

[24] Żywica R.: Zjawiska elektryczne w produkcji i towaroznawczej ocenie jakości mięsa. Wyd. UWM w Olsztynie, 2010, ss. 54-56.

EFFECT OF SUNFLOWER OIL ADDITION ON CONDUCTANCE PROPERTIES OF FAT MIXES

S u m m a r y

In the paper, the results were presented of a research the objective of which was to determine the effect of sunflower oil addition (10, 20, 30, 40 %) and measuring (rated) voltage frequency (20 Hz – 2 MHz) on the electric conductivity changes in butter and fat mixes.

The highest rate of changes in the conductance parameters (admittance, conductance, impedance, and resistance) of butter and fat mixes were found in the frequency range from 20 to 100 Hz. The values of those parameters varied in the range from ca. 5.5. to 107 % along with the increasing content of sunflower oil. The highest changes in the above named frequency range referred to the conductance and admittance. With the increasing content of oil in butter, the conductance values of fat mixes varied from ca. 7 to 107%, and the admittance values from ca. 5.5 to 40%. Also, statistically significant differences ($\alpha \leq 0.01$; $\alpha \leq 0.05$) were found between the admittance values of fat mixes with various contents of sunflower oil and of butter. On the basis of the results obtained, it was concluded that further analyses to determine the sunflower oil content in fat mixes and to detect adulteration thereof should be focused on the measurements of admittance and conductance.

Key words: butter, sunflower oil, fat mixes, conductance parameters

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 173 – 185

ANNA ŻBIKOWSKA, MAŁGORZATA KOWALSKA,
JAROSŁAWA RUTKOWSKA

ZAWARTOŚĆ FAZY STAŁEJ A JAKOŚĆ I PRZYDATNOŚĆ TECHNOLOGICZNA SZORTENINGÓW DO PRODUKCJI CIAST KRUCHYCH

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

Celem pracy było sprawdzenie możliwości określania jakości i ustalania przydatności szorteningów do produkcji ciast kruchych na podstawie zawartości fazy stałej (SFC). Zakres pracy obejmował określenie zawartości SFC pięciu szorteningów za pomocą magnetycznego rezonansu jądrowego. Mechaniczne właściwości surowych i wypieczonych kruchych ciast wyznaczono metodą instrumentalną. Ponadto określono skład kwasów tłuszczowych tłuszczów i jakość sensoryczną otrzymanych z ich udziałem ciast kruchych. Stwierdzono, że za pomocą SFC można określić jakość żywieniową tłuszczów oraz ustalić ich przydatność do produkcji wyrobów kruchych. Na podstawie wysokich wartości SFC szorteningów można wnioskować o ich małej wartości żywieniowej. Z kolei mała zawartość fazy stałej świadczy o dużej ilości izomerów cis, w tym NNKT. Na podstawie zależności pomiędzy SFC a mechanicznymi właściwościami (określonymi metodą instrumentalną) półproduktów i wyrobów gotowych ustalono, że zawartość SFC powyżej 3 % i poniżej 39 %, w temp. 20 °C, zapewnia łatwość procesu produkcji ciasta kruchego i odpowiednią jego twardość. Pod względem tekstury najwyżej oceniono produkty gotowe o zawartości fazy stałej w przedziale 33 - 36 %, w temp. 20 °C. W sensorycznej ocenie ogólnej także uznane je za najlepsze.

Słowa kluczowe: szorteningi, zawartość fazy stałej, tekstura, jakość ciast kruchych

Wprowadzenie

Szorteningi, czyli 100 % tłuszcze, odgrywają ważną rolę w kolejnych etapach procesu produkcyjnego różnych wyrobów ciastkarskich i piekarskich. Etymologia ich nazwy pochodzi od słowa „short" czyli skracać, ale również nadawać kruchość [9], czyli poprawiać jakość tekstury wypieczonych wyrobów. Tłuszcze stałe stosowane

Dr inż. A. Żbikowska, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, dr inż. J. Rutkowska, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Żywienia Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, dr inż. M. Kowalska, Wydz. Materiałoznawstwa, Technologii i Wzornictwa, Politechnika Radomska, ul. Chrobrego 27,26-600 Radom.

w produkcji ciastkarskiej i piekarskiej powinny charakteryzować się przede wszystkim odpowiednią plastycznością i wysoką stabilnością oksydatywną.

Rodzaj tłuszczu ma istotny wpływ nie tylko na właściwości fizyczne i sensoryczne produktów wysokotłuszczowych, ale także na ich właściwości żywieniowe. Szorteningi i produkty wytwarzane z ich udziałem mogą stanowić istotne źródło nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i izomerów trans kwasów tłuszczowych (TFA). Wymienione grupy kwasów tłuszczowych są niepożądane w diecie ze względów zdrowotnych [6, 10, 27], ale ważne ze względów technologicznych, gdyż podwyższają temperaturę topnienia i zawartości fazy stałej w tłuszczach. Są to parametry fizyczne decydujące o właściwościach użytkowych szorteningów [4], które mają istotne znaczenie przy sporządzaniu ciast surowych i wpływają na cechy fizyczne i sensoryczne gotowych produktów ciastkarskich. Zawartość fazy stałej (SFC) ma ścisły związek z plastycznością tłuszczu. SFC jest parametrem określającym procentową zawartość tłuszczów stałych w różnych temperaturach i jest wyznaczany za pomocą magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR). Istotą pomiaru zawartości fazy stałej w tłuszczach jest zależność szybkość zaniku sygnału NMR od fazy, w jakiej znajdują się cząsteczki triacylogliceroli (a więc i jądra atomów wodoru) [24]. Czas relaksacji jest krótszy w przypadku jąder wodoru z fazy stałej [20]. Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego polega na pomiarach zmian energii próbki zawierającej atomy o niezerowym spinie jądrowym w obecności zewnętrznego pola magnetycznego [23].

Konsystencja shorteningu jest szczególnie ważna w produkcji ciasta kruchego, w którym tłuszcz obok mąki jest podstawowym składnikiem, a jego zawartość w składzie recepturowym może sięgać nawet do 70 % w stosunku do ilości użytej mąki. Ze względu na charakter ciast kruchych do ich produkcji konieczne są tłuszcze stałe, z kolei zbyt twarde tłuszcze powodują trudności w sporządzaniu ciasta surowego.

Celem pracy było sprawdzenie możliwości określania jakości i ustalania przydatności szorteningów do produkcji wyrobów z ciast kruchych na podstawie zawartości fazy stałej.

Materiał i metody badań

W badaniach zastosowano następujące tłuszcze:

- palmowo-kokosowy (T-1), palmowy (T-2) oraz uwodorniony olej rzepakowy (T-5) – ZPT w Warszawie,
- piekarskie Akobake M (T-3) i Akobake K (T-4) – firmy Karlshamns ze Szwecji.

Tłuszcze dobrano tak, aby różniły się pomiędzy sobą zawartością fazy stałej.

Ponadto użyto: mąki pszennej „Szymanowskiej" (Zakłady Przetwórstwa Zbożowego „Szymanów"), cukru pudru białego (PPH Kupiec w Krzymowie) oraz żółtek ze świeżych jaj kurzych (ferma drobiu w Wiśniewie k. Mławy).

Wszystkie surowce znajdowały się w okresie przydatności do spożycia, a tłuszcze spełniały wymagania normy [14] w zakresie liczby kwasowej i nadtlenkowej.

Ciasto kruche sporządzano według receptury podanej w pracy Ambroziaka [1], stosując następujące proporcje (m/m) 3 : 2 : 1 : 0,5, odpowiednio: mąka pszenna, tłuszcz, cukier puder, żółtka surowe. Półprodukty w kształcie kwadratu o boku 55 mm pieczono w piecu elektrycznym (Electrolux AR 85) w temp. 180 °C przez 10 min.

W badanych tłuszczach oznaczano zawartości fazy stałej (SFC) metodą magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), według PN-EN ISO [16], za pomocą aparatu „MINISPEC pc 120" firmy Bruker. Pomiar zawartości fazy stałej wykonywano w zakresie temp. od 10 do 50 ºC. Próbki tłuszczów wcześniej stopione i dokładnie wymieszane umieszczano w znormalizowanych probówkach. Badaną próbkę ogrzewano w temp. 60 ºC przez 0,5 h, a następnie przetrzymywano w ciągu 1 h w temp. 0 ºC. Przygotowaną w ten sposób próbkę tłuszczu umieszczano w termostatowym bloku aluminiowym w temperaturze najniższego pomiaru. Badane tłuszcze termostatowano przez 0,5 h w każdej z temperatur pomiaru i dokonywano odczytu na monitorze komputera. Wyniki oznaczeń SFC stanowią średnią arytmetyczną z dwóch odczytów, różnica pomiędzy oznaczeniami wynosiła poniżej 0,20 %.

Ilościowy i jakościowy skład kwasów tłuszczowych (KT) oznaczano metodą GC, przy użyciu chromatografu gazowego HP 6890. Przygotowywano estry metylowe, a następnie rozdzielano je zgodnie z normami [17, 18] w kolumnie kapilarnej o długości 100 m, pokrytej fazą stacjonarną CPO Sil 88 FAME (Chromapac, Anchem), o średnicy wewnętrznej 0,25 μm. Gaz nośny stanowił hel, a całkowity czas analizy wynosił 64 min. Interpretację jakościową KT dokonywano, porównując czas retencji poszczególnych estrów metylowych KT badanych próbek z czasem retencji estrów wzorcowych. Za wynik końcowy przyjmowano średnią z dwóch oznaczeń.

Temperaturę topnienia określano wg PN-EN ISO [19] metodą kapilary otwartej. Jest to temperatura, w której tłuszcz umieszczony w znormalizowanej kapilarze z obu stron otwartej, ogrzany w ściśle określonych warunkach zmięknie na tyle, że ulegnie przesunięciu ku górze. Za wynik końcowy przyjmowano średnią z czterech równoległych oznaczeń.

Instrumentalne pomiary wielkości mechanicznych półproduktu i produktu prowadzono przy użyciu aparatu wytrzymałościowego INSTRON 4341, w temp. 22 °C, z głowicą o zakresie 100 N. W celu oceny twardości surowego ciasta mierzono siłę [kN] i energię [J] potrzebną do przeciśnięcia próbki ciasta o masie 220 g przez komorę Ottona. Ciasto ściskano przy prędkości przesuwu elementu roboczego 80 mm/min.

W celu określenia twardości próbek ciasta kruchego wykonywano test cięcia, wykorzystując element jednonożowy z prostym ostrzem SBS (single blade shear). Dokonywano pomiaru maksymalnej siły cięcia [N] i energii [J], przy której próbki ulegały

przecięciu. Do sterowania urządzeniem, obliczania i odczytu wyników służył system komputerowy. Za wynik końcowy przyjmowano średnią z piętnastu powtórzeń.

Ocenę sensoryczną wykonywano zgodnie z PN [15]. Ocenę wykonał zespół ośmioosobowy, stosując skalę sześciopunktową (1 pkt – ocena minimalna, 6 pkt – ocena maksymalna). Ocenę ogólną wyliczano na podstawie wartości następujących wyróżników: jednolitość partii, wygląd zewnętrzny, smak i zapach, struktura i tekstura. Oceny struktury i tekstury dokonywano poprzez przełamanie ciastka, uwzględniając jego porowatość i barwę na przełomie, a także twardość i kruchość wyrobu w ustach.

Wyniki opracowano statystycznie (analiza wariancji, analiza regresji) przy użyciu programu komputerowego Statgraphics plus 4.0. Ocenę istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi wykonano testem Duncana, przy $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Charakterystyka surowca tłuszczowego

Technologiczna rola tłuszczów piekarskich zależy od wzajemnych proporcji triacylogliceroli, czego konsekwencją są różne zawartości fazy stałej [25].

Zawartość fazy stałej (SFC) wyraża procent masowy tłuszczu w stanie stałym w określonej temperaturze. Zgodnie z założeniami pracy SFC badanych szorteningów była zróżnicowana (tab. 1). Największą zawartością fazy stałej w początkowej temp. pomiaru (10 ºC) charakteryzował się uwodorniony tłuszcz rzepakowy, T-5 (87,32 %), natomiast najmniejszą tłuszcz palmowo-kokosowy, T-1 (34,64 %). Pozostałe tłuszcze miały zbliżoną zawartość fazy stałej w tej temperaturze, od 51,02 do 61,17 %. Całkowity zanik fazy stałej nastąpił najszybciej w przypadku tłuszczu T-1 już w temp. 35 ºC, natomiast najpóźniej w tłuszczach: T-2 i T-5 w temp. 50 ºC.

Szczególnie istotna jest zawartość fazy stałej tłuszczów w temp. 20 - 25 ºC, czyli w temperaturze przygotowywania surowego ciasta kruchego. Największą SFC w tej temperaturze odznaczał się uwodorniony tłuszcz rzepakowy (T-5), natomiast najmniejszą tłuszcz palmowo-kokosowy (T-1). Tendencja ta wystąpiła również w pozostałych temperaturach.

Temperatura topnienia (tt) szorteningów przeznaczonych do wyrobów piekarskich i ciastkarskich nie powinna być zbyt niska, co umożliwia utrzymanie powietrza podczas pieczenia w cieście i powstawanie właściwej struktury produktu gotowego [5]. Uzyskane wartości tt badanych szorteningów były zgodne z zaleceniami zawartymi w normie odnoszącej się do tłuszczów piekarskich i cukierniczych [14], według której temperatura topnienia takich tłuszczów powinna być wyższa od 10 ºC. Wyższe tt cechowała szorteningi o wyższej zawartościach fazy stałej.

T a b e l a 1

Zawartość fazy stałej w szorteningach [%] determinowana temperaturą stosowaną w badaniach i temperaturą topnienia [ºC].
Solid fat content in shortenings as determined by temperature [%] applied in research and by slim melting point [ºC].

Próbka Sample	Tłuszcz Fat	SFC								SMP ($\bar{x} \pm s$ / SD)
		Temperatura / Temperature								
		10	20	25	30	35	40	45	50	
T-1	Palmowo-kokosowy Palm-coconut	34,64	3,00a	1,26	0,51	-	-	-	-	21,5 a ± 0,03
T- 2	Palmowy / Palm	60,87	39,47c	27,95	20,06	8,01	2,24	1,42	-	38,0 b ± 0,07
T-3	Piekarski / Shortening	51,02	33,69b	20,96	14,46	7,71	1,39	-	-	37,9 b ± 0,07
T-4	Piekarski / Shortening	61,17	36,26bc	21,86	11,47	1,28	-	-	-	37,3 b ± 0,06
T-5	Rzepak uwodorniony hydrogenated rapeseed	87,32	66,5d	47,97	23,17	12,17	5,21	4,81	-	38,5 c ± 0,04

Objaśnienia: / Explanatory notes:
SFC – zawartość fazy stałej / solid fat content, SMP – temperatura topnienia / slim melting point; a,b,c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$, $n = 2$) / mean values designated by the same letters do not differ statistically significantly ($p \leq 0.05$, $n = 2$).

Analiza chromatograficzna badanych tłuszczów wykazała ich duże zróżnicowanie pod względem składu kwasowego (tab. 2).

Największe zróżnicowanie stwierdzono w zakresie zawartości izomerów trans KT (TFA), od 0,2 % – tłuszcz palmowo-kokosowy (T-1) do 55,9 % – w uwodornionym oleju rzepakowym (T-5). Duża różnorodność zawartości TFA jest cechą typową dla tłuszczów piekarskich stosowanych do wyrobów ciastkarskich zarówno w Polsce [2, 28], jak i za granicą [10, 11, 21].

Podobnie jak TFA, nasycone kwasy tłuszczowe (SFA) cechuje wysoka temperatura topnienia [7], co jest szczególnie istotne w przypadku szorteningów piekarskich. Analizowane tłuszcze różniły się znacznie pod względem zawartości SFA, w zakresie od 18,6 % do 54,3 %. Najmniej SFA oraz najwięcej TFA zawierał tłuszcz T-5 i odwrotnie, największa ilość SFA występowała w tłuszczu o najmniejszej zawartości izomerów trans. Wysoka zawartość SFA jest niekorzystna pod wzgledem zdrowotnym [3, 13]. Szorteningi o największej łącznej zawartości TFA i SFA cechowały się jednocześnie największą SFC we wszystkich temperaturach pomiaru.

Z kolei najwięcej nienasyconych kwasów tłuszczowych cis (łącznie z NNKT) zawierał tłuszcz piekarski T-3 (45,8 %), a najmniej uwodorniony olej rzepakowy T-5 (22,4 %). W tej grupie ilościowo najwięcej było monoenowych KT, szczególnie kwasu oleinowego. Jest to korzystne, ponieważ kwas oleinowy wykazuje pozytywne działanie hipolipidemiczne, natomiast nie obniża poziomu lipoprotein wysokiej gęstości (HDL) [8].

Łączna zawartość korzystnych żywieniowo NNKT (suma kwasów linolowego i linolenowego) była największa (10 %) w tłuszczu o najmniejszej zawartości fazy stałej (T-1). Zbyt duża zawartość NNKT nie jest jednak pożądana w tłuszczach, które są poddawane działaniu wysokiej temperatury. Kwasy z wiązaniami podwójnymi łatwo ulegają bowiem zmianom oksydacyjnym, które z kolei mogą prowadzić do powstawania produktów szkodliwych dla zdrowia [22, 26, 28].

T a b e l a 2

Podstawowe grupy kwasów tłuszczowych [%].
Basic groups of fatty acids [%].

Tłuszcz Fat*	TFA	SFA	SFA+TFA	Izomery cis (gł. C 18:1) Cis isomers	NNKT EFA
T-1	0,2	54,3	54,5	45,1	10,0
T-2	7,4	51,6	59,0	40,7	7,4
T-3	16,2	37,1	53,3	45,8	3,9
T-4	25,0	29,3	54,3	44,4	2,8
T-5	55,9	18,6	74,5	22,4	1,0

*Objaśnienia jak pod tab 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.
TFA – izomery trans KT / trans isomers; SFA – nasycone KT / saturated fatty acids.

Podsumowując uzyskane wyniki należy stwierdzić, że tłuszcze o największych zawartościach fazy stałej, we wszystkich temperaturach pomiaru, cechowały największe łączne zawartości TFA i SFA. Ponadto szorteningi te miały najmniej izomerów cis w swoim składzie kwasowym.

Charakterystyka surowego ciasta

Podczas przygotowywania ciast stwierdzono różnice w ich właściwościach, zależne od zastosowanego szorteningu. Ciasto z tłuszczem o dużej zawartości fazy stałej (39,5 % w 20 °C) – T-2 było bardzo kruche, rozsypujące się, twarde, trudne do zarobienia i rozwałkowania, w związku z czym czas potrzebny do jego przygotowania był

najdłuższy – ok. 5 min. Ciasto z utwardzonym tłuszczem rzepakowym, o największej zawartości fazy stałej (T-5) lekko kruszyło się w czasie wałkowania, było łatwe do zarobienia, plastyczne, jednak łączenie z cukrem trwało dłużej niż w przypadku pozostałych szorteningów. Można przypuszczać, że największa zawartość SFC w temperaturze sporządzania ciasta (66,5 % w 20 °C) spowodowała te trudności. Łączny czas potrzebny do uzyskania jednolitego ciasta wynosił ok. 3,5 min. Półprodukty sporządzone z zastosowaniem tłuszczów piekarskich T-3 i T-4 były miękkie, plastyczne i łatwe do zarobienia (czas wyrabiania ok. 1,5 min). Ciasto z tłuszczem T-1 było łatwe do zarobienia, miękkie i plastyczne, jednak zbyt płynne i lepkie, co prawdopodobnie wynikało z najmniejszej zawartości fazy stałej zwłaszcza w temperaturze sporządzania ciasta (~3 %). Czas wyrabiania tego ciasta wynosił ok. 1 min, ale ciasto było trudne do rozwałkowania, co znacznie obniżyło przydatność szorteningu T-1 do produkcji wyrobów kruchych.

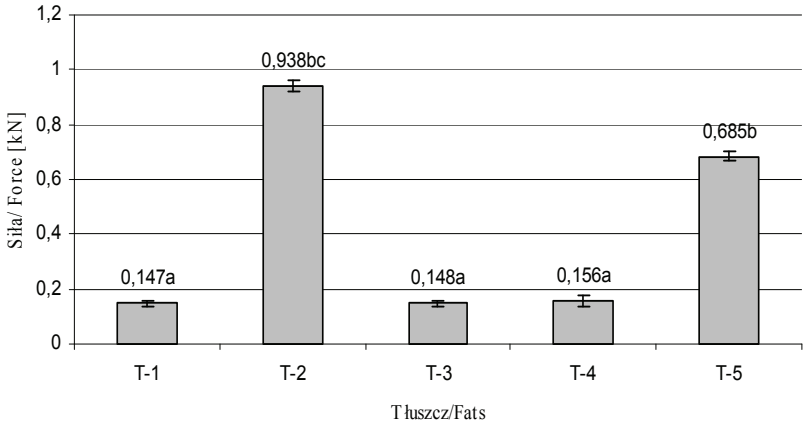
Ocenę twardości surowego ciasta kruchego przeprowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej, mierząc siłę i energię potrzebną do przeciśnięcia analizowanych próbek półproduktu przez komorę Ottona.

Zmierzone wartości siły potrzebnej do przeciśnięcia surowego ciasta były zróżnicowane (rys. 1). Największą wartość zmierzono w przypadku ciasta przygotowanego z tłuszczem o dużej, w porównaniu z pozostałymi szorteningami, zawartości fazy stałej (T-2) – 0,938 kN oraz tłuszczem T-5, o największych wartościach SFC – 0,685 kN. Siły potrzebne do przeciśnięcia półproduktu otrzymanego z udziałem szorteningu o najmniejszej zawartości SFC były małe i nie różniły się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) od sił zmierzonych w przypadku zastosowania szorteningów o średniej zawartości SFC.

Podobnie, jak w przypadku siły, wystąpiło zróżnicowanie wartości energii potrzebnej do przeciśnięcia surowego ciasta przez komorę Ottona. Największe wartości energii konieczne były do ciast z dodatkami tłuszczów o największych wartościach SFC – T-2 i T-5 (rys. 2), które wymagały najdłuższego czasu przygotowania. Wartości te nie różniły się statystycznie istotnie między sobą. Najmniejszą wartość energii zmierzono w przypadku ciasta z tłuszczem o najmniejszej zawartości fazy stałej (T-1), ciasto to wymagało najkrótszego czasu przygotowania. Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy siłą przeciskania a zawartością fazy stałej (współczynnik korelacji $r = 0,58$) – tab. 3.

Na podstawie wyników wartości siły i energii stwierdzono, że największą twardością charakteryzowało się ciasto z tłuszczem T-2, zawierającym dużo SFC we wszystkich temperaturach pomiaru. Dość dużą twardością (nie różniąc się istotnie statystycznie od ciasta z tłuszczem T-2) odznaczało się także ciasto z tłuszczem T-5 o największej zawartości fazy stałej. Najmniejszą twardość wykazywały ciasta przygotowane z tłuszczem T-1, czyli o najmniejszych ilościach SFC. Podobne wyniki otrzymali Ma-

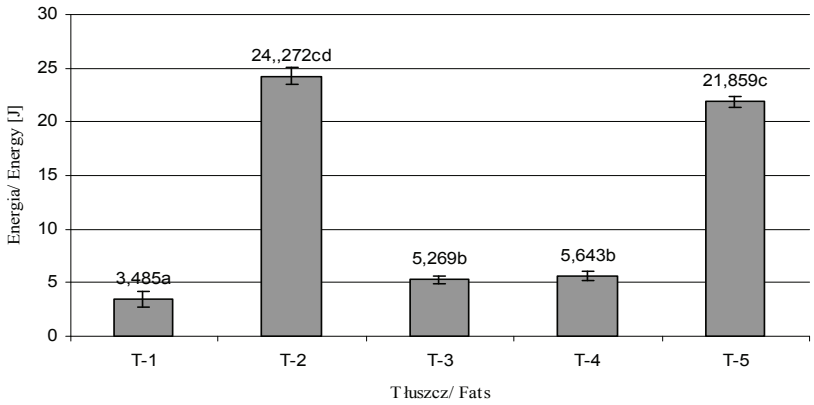
nohar i Rao [12], którzy również wykazali, że tłuszcze o większej zawartości fazy stałej wpływają na uzyskanie twardszego ciasta.



Objaśnienia: / Explanatory notes:
a,b,c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$, $n = 5$) / mean values designated by the same letters do not differ statistically significantly ($p > 0.05$, $n = 5$).

Rys. 1. Wartości średnie siły potrzebnej do przeciśnięcia surowego ciasta kruchego przez komorę Ottona.

Fig.1. Mean values of force necessary to squeeze raw shortcrust pastry dough through Otton's chamber.



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

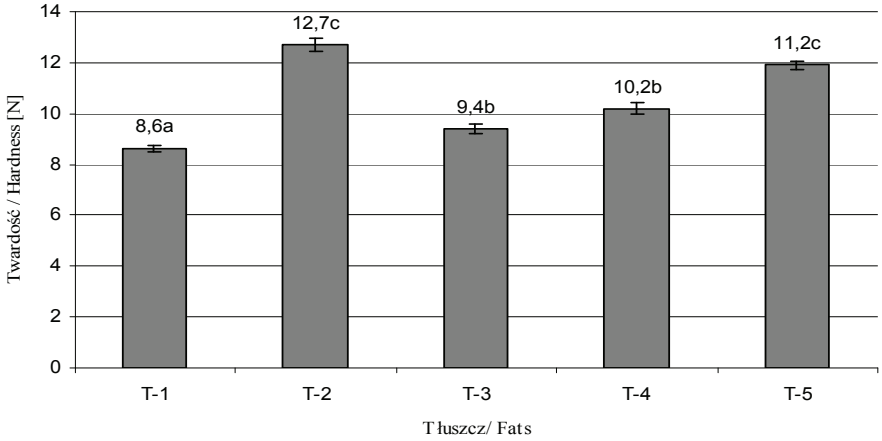
Rys. 2. Wartości średnie energii potrzebnej do przeciśnięcia surowego ciasta kruchego przez komorę Ottona ($n = 5$).

Fig. 2. Mean values of energy necessary to squeeze raw shortcrust pastry dough through Otton's chamber ($n = 5$).

Charakterystyka gotowego wyrobu

Do określenia tekstury ciasta kruchego po wypieczeniu zastosowano test cięcia, w którym oznaczono maksymalną siłę potrzebną do przecięcia próbki.

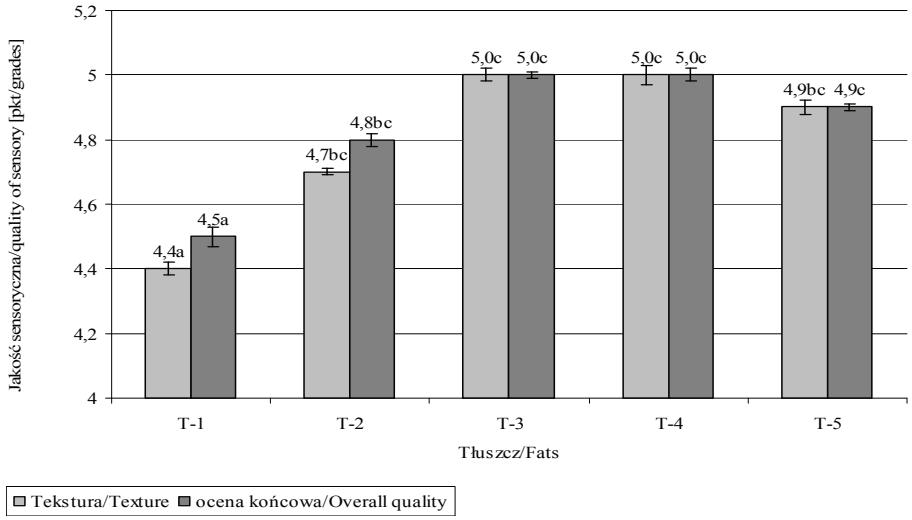
Twardość analizowanych próbek wahała się od 8,6 do 12,7 N (rys. 3) w zależności od rodzaju zastosowanego szorteningu. Na podstawie analizy statystycznej (tab. 4) wykazano znaczącą zależność pomiędzy twardością próbek a zawartością fazy stałej w temperaturze bliskiej temperatury sporządzania ciasta (r = 0,70).



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

Rys. 3. Twardość ciasta kruchego po wypieku.
Fig. 3. Hardness of baked shortcrust pastries.

W sensorycznej ocenie ogólnej najniżej oceniono próbki po wypieczeniu z dodatkiem tłuszczu o najmniejszej zawartości fazy stałej (T-1) (4,5 pkt). Wyniki te różniły się statystycznie istotnie pod względem oceny ogólnej od ocen pozostałych produktów. Najwyższą ocenę przypisano próbkom z szorteningami T-3 i T-4, które nie różniły się istotnie od wyrobów z tłuszczami T-2 i T-5.



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

Rys. 4. Sensoryczna ocena tekstury i ocena końcowa ciastek kruchych.
Fig. 4. Sensory evaluation of texture and final assessment of shortcrust pastries.

Analiza statystyczna wykazała dodatni wpływ zawartości fazy stałej na sensoryczną ocenę końcową (tab. 3).

T a b e l a 3

Wartości współczynników korelacji wyliczonych w jednoczynnikowej analizie regresji.
Values of correlation coefficients as calculated on the basis of one-factor analysis of regression.

Cechy / Atributes	SFC w/at 20ºC	Cechy / Attributes**	SFC w/at 20ºC
Siła przeciskania ciasta surowego Squeezing Force to squeeze raw dough	0,58*	SFA+TFA	0,79*
Twardość / Hardness	0,70*	TFA	0,88*
Ocena ogólna Overall rate	0,64*	Izomery cis /cis isomers	-0,80*
Temp. topnienia Slip Melting Point	0,83*	NNKT /EFA	-0,83*

Objaśnienia: / Explanatory notes:
*- współczynnik korelacji statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) / coefficient statistiically significant ($p \leq 0.05$), n = 15; **n = 10.

Wnioski

1. Ocena zawartości fazy stałej (SFC) metodą NMR, szczególnie w temperaturze sporządzania ciasta kruchego może być pomocna przy określaniu jakości żywieniowej tłuszczów oraz ustalaniu ich wartości technologicznej w produkcji wyrobów kruchych.
2. Na podstawie wysokich wartości SFC szorteningów można wnioskować o ich niskiej wartości żywieniowej i na odwrót mała zawartość fazy stałej świadczy o dużej zawartości izomerów cis (w tym NNKT).
3. Na podstawie zależności pomiędzy SFC a mechanicznymi właściwościami półproduktu i wyrobów gotowych, określonymi metodą instrumentalną, ustalono, że zawartość SFC powyżej 3 % i poniżej 39 % (w temp. 20 °C) jest najbardziej odpowiednia do przeprowadzenia procesu produkcji ciasta kruchego i zapewnia właściwą jego twardość. Produkty gotowe oceniono najwyżej pod względem tekstury i sensorycznej oceny ogólnej przy zawartości fazy stałej w przedziale 33 - 36 %, w temperaturze 20 °C.

Literatura

[1] Balas J.: Kwasy tłuszczowe w rynkowych produktach spożywczych. Cz. I. Bezpieczna Żywność, 2001, **1**, 20-22.
[2] Baryłko-Pikielna N., Jacórzyński B., Mielniczuk E.: Izomery trans kwasów tłuszczowych w żywności - aktualne problemy związane z oszacowaniem ich dziennego spożycia. Żyw. Człow. Metab., 1997, **2 (24),** 74-90.
[3] Braczko M., Jakubowski A.: Blending jako metoda kształtowania niektórych cech fizycznych produktów tłuszczowych. Cz.I. Ocena zawartości fazy stałej kompozycji ciekłego oleju rzepakowego i wybranych olejów całkowicie uwodornionych. Tłuszcze Jadalne, 2002, **1-2 (35),** 43-51.
[4] Brooker B.E.: The role of fat in stabilisation of gas cells in bread dough. J Cereal Sci., 1996, **24,**187-198.
[5] Ambroziak Z. (red.): Ciastkarstwo także dla piekarzy. Receptury, normy, porady i przepisy prawne. Wyd. Spółdzielcze, Warszawa 1994.
[6] Craig-Schmidt M. C.: Isomeric fatty acids: evaluating status and implications for maternal and child health. Lipids, 2001, **9 (36),** 997-1006.
[7] Drozdowski B.: Lipidy. W: Chemia żywności. Sacharydy, lipidy i białka. Red. Z Sikorki. WNT, Warszawa 2007, ss. 73-144.
[8] Grundy S.M., Hestel P.J.: Fat and cholesterol. Am J. Clin. Nutr., 1987, **5 (45),** 118-122.
[9] Harper D.: Online etymology dictionary. [dostęp 12.2010]. Dostępne w Internecie: www.etymonline.com/index.php?term=shortening
[10] Juttelstad A.: The marketing of trans fat- free foods. Food Technol., 2004, **1 (58),** 20-22.
[11] Mahesar S.A., Kandhro A.A., Cerretani L., Bendini A., Sherazi S.T.H, Bhanger M.I.: Determination of total trans fat content in Pakistani cereal-based foods by SB-HATR FT-IR spectroscopy coupled with partial least square regression. Food Chem., 2010, **123,** 1289-1293.
[12] Monahor R.S., Rao P.H. Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. J. Sci. Food Agricul., 1999, **10 (79),** 1223-1231.

[13] Nestel P.: Optimizing dietary fatty acids to prevent heart disease. Proc. 14th Int. Congress of Nutrition, Seul 1989.
[14] PN-A- 86902:1997. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Tłuszcze cukiernicze i piekarskie.
[15] PN-A-74252:1998. Wyroby i półprodukty ciastkarskie. Metody badań.
[16] PN-EN ISO 8292:1999. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie zawartości fazy stałej. Metoda pulsacyjnego magnetycznego rezonansu jądrowego.
[17] PN-ISO 5509:2000. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
[18] PN-EN ISO 5508:2000. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
[19] PN-EN ISO 6321:2004. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczenie punktu topnienia w kapilarze otwartej (punkt płynięcia).
[20] Pollard M.: Nuclear magnetic resonance spectroscopy (high resolution). In: Analysis of Oils and Fats. Hamilton R. J., Rossell J. B. Eds. Elsevier Applied Science, London 1987.
[21] Richter E.K., Albash Shawish K., Scheeder M.R.L., Colombani P.C.: Trans fatty acid content of selected Swiss foods: The TransSwiss Pilot study. J. Food Comp. Analysis, 2009, **(22),** 479-484.
[22] Schaich, K.M.: Lipid oxidation: theoretical aspects. In: Edible oil and fat products: chemistry, properties and health effects, Bailey's industrial oil and fat products. F. Shahidi Eds. (6-th ed, Vol 1), Wiley Interscience 2005, pp. 269-346.
[23] Schmidt S.J., Lai H-H.: Use of NMR and MRI to study water relations in foods. Advances in Experimental Medicine and Biology, 1991, (**302)**, 405-452.
[24] Schmidt S.J.: Determination of moisture content by pulsed nuclear magnetic resonance spectroscopy. Advances in Experimental Medicine and Biology, 1991, **(302),** 599-613.
[25] Zalewski S.: Tłuszcze w technologii gastronomicznej. Podstawy technologii gastronomicznej, WNT, Warszawa 1998, ss. 376-395.
[26] Żbikowska A.: Generation and role of trans fatty acids – a review. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2010, **1 (58),** 113-117.
[27] Żbikowska A., Rutkowska J.: Skład kwasów tłuszczowych a jakość i przydatność technologiczna tłuszczów do pieczenia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 2008, **4 (59),** 86-91.
[28] Żbikowska A., Rutkowska J., Krygier K.: Jakość wybranych tłuszczów piekarskich na rynku krajowym. Roczn. PZH, 2006, **2 (57),** 133.

SOLID FAT CONTENT VERSUS QUALITY AND TECHNOLOGICAL USEFULNESS OF SHORTENINGS IN MAKING SHORTCRUST PASTRIES

S u m m a r y

The objective of this study was to check the potential for determining the quality and establishing the usefulness of shortenings in making shortcrust pastries on the basis of solid fat content (SFC). The scope of study involved the determination of SFC contents in five shortenings using a Nuclear Magnetic Resonance. Mechanical properties of raw dough and baked shortcrust pastries were determined applying an instrumental method. Furthermore, the fatty acid composition of fats used to make those shortcrust pastries was determined as was the sensory quality of those pastries. It was found that when using SFC, it was possible to determine the nutritional quality of fats and to verify their technological value in the production of shortcrust pastries. Based on the high SFC values in shortenings, a conclusion can be drawn that those pastries represent a low nutritional value. On the other hand, a low SFC value is evidence of large amounts

of cis isomers including essential fatty acids (EFA). Based on the correlation between the SFC and mechanical properties (defined by the instrumental method) of semi-finished and ready-made products, it was verified that, at a temperature of 20 °C, the content of SFC exceeding 3 % and below 39 % facilitates the production process of shortcrust pastries and guarantees their proper hardness. As regards the texture, the ready-made products with SFC ranging from 33 to 36 % at 20 ºC were evaluated as the best. In the overall sensory evaluation, they were rated the best.

Key words: shortenings, solid fat content, texture, quality of shortcrust pastries

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 186 – 197

KRZYSZTOF DURKALEC-MICHALSKI, JOANNA SULIBURSKA,
ZBIGNIEW KREJPCIO, JAN JESZKA, PAWEŁ BOGDAŃSKI

ANALIZA ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY SPOŻYCIEM WYBRANYCH SKŁADNIKÓW MINERALNYCH A ICH ZAWARTOŚCIĄ WE WŁOSACH W WYBRANEJ GRUPIE PACJENTÓW Z PIERWOTNYM NADCIŚNIENIEM TĘTNICZYM

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

Nadciśnienie tętnicze jest jedną z najczęściej występujących chorób układu krążenia. Jednym z głównych elementów niefarmakologicznej prewencji i leczenia wysokiego ciśnienia tętniczego jest właściwy sposób żywienia. Ważną rolę w prewencji i leczeniu nadciśnienia tętniczego pełni optymalne spożycie wapnia i magnezu.

Celem badań była ocena: spożycia wapnia i magnezu oraz ich zawartości we włosach pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym.W badaniu uczestniczyło 30 pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym oraz 29 zdrowych osób. Zawartość Ca i Mg we włosach oznaczono metodą spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej (ASA), przy użyciu aparatu Zeiss AAS-3. Ocenę spożycia analizowanych składników mineralnych przeprowadzono za pomocą wykonanego trzykrotnie 24-godzinnego wywiadu żywieniowego. Zawartość wapnia i magnezu, występujących w całodziennych racjach pokarmowych, określono na podstawie komputerowych baz danych przygotowanych w programie Dietetyk.

Stwierdzono większą zawartość Ca we włosach pacjentów z nadciśnieniem tętniczym niż osób zdrowych. Ponadto we włosach kobiet w grupie badanej oznaczono również większą koncentrację Mg aniżeli u kobiet z prawidłowym ciśnieniem tętniczym. Ocena spożycia Ca i Mg wykazała ich niedostateczną podaż w diecie. U kobiet i mężczyzn z nadciśnieniem tętniczym zaobserwowano mniejsze ich spożycie aniżeli u osób zdrowych. Nie stwierdzono natomiast istotnych zależności między podażą analizowanych składników mineralnych a ich zawartością we włosach badanych osób.

Słowa kluczowe: nadciśnienie tętnicze, włosy, wapń, magnez, spożycie

Wprowadzenie

Nadciśnienie tętnicze jest jednym z czynników zwiększających ryzyko chorób układu krążenia, które należą do głównych zagrożeń zdrowia i życia człowieka. Bada-

Mgr inż. K. Durkalec-Michalski, dr J. Suliburska, prof. dr hab. Z. Krejpcio, prof. dr hab. J. Jeszka, Katedra Higieny Żywienia Człowieka Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań; dr n. med. P. Bogdański, Klinika Chorób Wewnętrznych, Zaburzeń Metabolicznych i Nadciśnienia Tętniczego, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, ul. Szamarzewskiego 84, 60-569 Poznań

nia wskazują, że skuteczność terapii hipotensyjnej determinuje wprowadzenie przez chorych właściwych modyfikacji stylu życia, których najważniejszym elementem wydaje się być właściwy sposób żywienia [9]. Racjonalne odżywianie może przeciwdziałać i zmniejszać nasilenie przebiegu wielu chorób, a szczególnie chorób cywilizacyjnych, do których należy m.in. nadciśnienie tętnicze. Mimo zaleceń dietetyków obserwuje się liczne nieprawidłowości związane z niewłaściwymi nawykami żywieniowymi i niską wiedzą żywieniową [7]. Ponadto zaobserwowano znaczący wpływ niektórych używek m.in. alkoholu, którego spożywanie nawet w niewielkich ilościach przez osoby z nadciśnieniem tętniczym wiązało się z częstszymi błędami żywieniowymi (większym, niż w przypadku osób niepijących alkoholu, poborem energii z dietą oraz spożyciem tłuszczu, nasyconych kwasów tłuszczowych, cholesterolu i sodu) [8]. W żywieniowej prewencji i terapii wysokiego ciśnienia tętniczego obok właściwego spożycia tłuszczu, sodu i błonnika pokarmowego wydają się brać udział również składniki mineralne [34]. O ile udowodniono szerokie spektrum działania i zdolność regulowania zmian nadciśnieniowych m.in. sodu i potasu, kontrowersje powstają wokół wpływu wapnia i magnezu. W niektórych pracach wykazano, że suplementacja wapniem w celu unormowania wartości ciśnienia krwi wydaje się nieuzasadniona, ponieważ prowadzi do bardzo małego obniżenia poziomu ciśnienia krwi [5, 20]. Potwierdzają to obserwacje Griffitha i wsp. [14], którzy na podstawie metaanalizy ponad 40 badań wykazali, że podaż wapnia prowadziła do redukcji ciśnienia skurczowego o 1,44 mm Hg, a rozkurczowego o 0,84 mm Hg. Podobnie w przypadku suplementacji magnezem zaobserwowano niewielkie obniżenie ciśnienia krwi (średnio o 0,9/0,7 mm Hg) [19, 26]. W literaturze dostępne są jednak również badania wskazujące na odwrotną zależność między wartościami ciśnienia krwi a spożyciem wapnia i magnezu, zwłaszcza przy wysokiej podaży sodu w diecie [10, 15]. Wu i wsp. [39] zaobserwowani ponadto obniżenie ciśnienia tętniczego dzięki suplementacji magnezem. Badania wskazują, że codzienne spożycie z pokarmem odpowiedniej ilości wapnia (ok. 900 mg) i magnezu (ok. 350 mg) wspomaga zachowanie prawidłowych wartości ciśnienia krwi [23]. Stwierdzono również, że niskie spożycie wapnia i magnezu w codziennej diecie zwiększa ryzyko nadciśnienia tętniczego [24]. Pozytywne działanie magnezu zdają się również dowodzić analizy diety DASH, ponieważ produkty w niej występujące są często bogatym źródłem tego pierwiastka [1, 12]. Zaleca się zatem w nadciśnieniu spożycie większej ilości orzechów, warzyw, kasz i owoców, w celu dostarczenia rekomendowanej dawki magnezu – około 350 mg/dzień [2, 26].

Wapń odgrywa znaczącą rolę w kurczliwości mięśni oraz działaniu obwodowego napięcia naczyniowego. Uwagę zwraca m.in. związek wapnia z aktywnością układu renina-angiotensyna, układem współczulnym, parathormonem i kalcytoniną [4, 12]. Stwierdzono również, że niskie stężenie wapnia w surowicy krwi wpływa na podwyższenie ciśnienia tętniczego krwi, z powodu zmniejszonej aktywności ATP-azy wap-

niowej, co ogranicza wypływ wapnia z komórek mięśni gładkich [12]. Należy pamiętać, że składniki mineralne i ich oddziaływanie są ze sobą ściśle powiązane w organizmie. Jak zaobserwowano, jedną z przyczyn hipokalcemii jest niedobór magnezu, co świadczy o konieczności prawidłowej podaży tych pierwiastków w diecie [18].

W związku z potencjalnym wpływem wapnia i magnezu w prewencji i terapii nadciśnienia tętniczego zasadna wydaje się kontrola poziomu tych pierwiastków, zwłaszcza u osób, u których niskie spożycie może prowadzić do niedoborów i ich obniżenia w organizmie.

Celem badań była ocena spożycia wapnia i magnezu oraz ich zawartości we włosach pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym.

Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono z udziałem 30 pacjentów (16 kobiet i 14 mężczyzn) Kliniki Chorób Wewnętrznych, Zaburzeń Metabolicznych i Nadciśnienia Tętniczego Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym, w wieku 47 ± 12 lat, bez dodatniego wywiadu w kierunku chorób współistniejących (cukrzycy, choroby niedokrwiennej serca, nadczynności lub niedoczynności tarczycy, choroby nowotworowej, zaburzonej funkcji nerek). W celu właściwej weryfikacji uzyskane wyniki zestawiono z danymi otrzymanymi w analizie grupy 29 zdrowych osób – wolontariuszy (15 kobiet i 14 mężczyzn), w wieku 40 ± 13 lat, wchodzących w skład grupy kontrolnej.

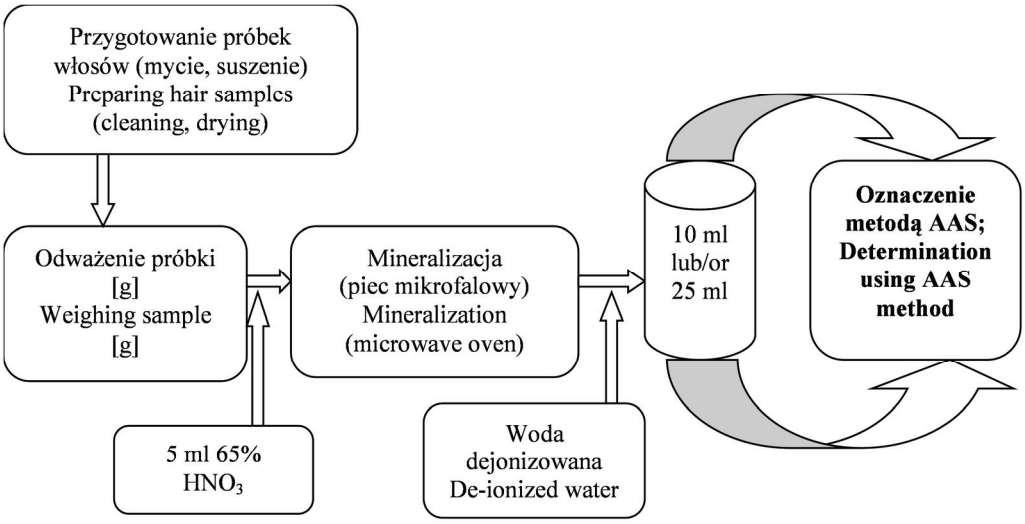
Zawartość Ca i Mg we włosach oznaczano metodą spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej (ASA), przy użyciu aparatu Zeiss AAS-3. Odcinki włosów o długości 3 cm pobierano (wykluczając z badania włosy farbowane) z 6 miejsc głowy (część potyliczna), tuż przy skórze. Przebieg oznaczenia zawartości pierwiastków we włosach zamieszczono na rys 1. Przed przystąpieniem do analizy spektrofotometrycznej włosy zostały poddane odpowiedniej procedurze mycia. Po przeniesieniu do kolbek Erlenmayera o pojemności 100 ml włosy zalewano kolejno acetonem, następnie 3-krotnie wodą dejonizowaną oraz ponownie acetonem. Przy każdej porcji rozpuszczalnika próbkę włosów wytrząsano przez 2 min, a następnie płyn dekantowano. Włosy suszono w temp. 105 - 110 ºC, przez 2 h, a następnie przenoszono do eksykatora. Do wysuszonych próbek włosów dodawano 5 ml stężonego HNO_3 i poddawano mineralizacji w aparacie Mars-5 (CEM). Kwaśny mineralizat przenoszono następnie ilościowo z wodą dejonizowaną do kolbek miarowych o pojemności 10 lub 25 ml w celu ilościowego oznaczenia pierwiastków zawartych w próbach, za pomocą spektrofotometru AAS-3, przy długości fali $\lambda = 422{,}7$ nm w przypadku wapnia i $\lambda = 285{,}2$ nm – magnezu.

Ocenę spożycia analizowanych składników mineralnych przeprowadzono za pomocą wykonanego trzykrotnie 24-godzinnego wywiadu żywieniowego, z wykorzysta-

niem „Albumu fotografii produktów i potraw" [31]. Zawartość wapnia i magnezu, występujących w całodziennych racjach pokarmowych ustalano na podstawie komputerowej bazy danych, przygotowanej w programie Dietetyk. W obliczeniach uwzględniono straty kulinarne i technologiczne.

Analizę statystyczną przeprowadzono z użyciem programu Statistica PL 7.0, firmy StatSoft, wykorzystując test Mann-Whitney`a, na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$.

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Etyki Badań Naukowych przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu nr 514/06 z dnia 6 kwietnia 2006 r.



Rys. 1. Przebieg oznaczania zawartości pierwiastków we włosach.
Fig. 1. Process of determining contents of elements in hair.

Wyniki i dyskusja

W tab. 1. zamieszczono charakterystykę badanej grupy oraz dane dotyczące poziomu spożycia wybranych składników mineralnych oraz ich zawartości we włosach. Stwierdzono, że osoby z nadciśnieniem tętniczym spożywały mniejszą ($p < 0{,}05$) ilość wapnia aniżeli osoby zdrowe (544 mg vs. 702 mg). W przypadku obu grup zaobserwowano niską realizację zalecanego dziennego spożycia, na poziomie 60 % RDA w grupie badanej i 78 % RDA w grupie kontrolnej. Uwagę zwraca niedoborowe spożycie wapnia przez kobiety z nadciśnieniem tętniczym (430 ± 390 mg), odpowiadające zaledwie 48 % zalecanego dziennego spożycia. Analiza spożycia magnezu w diecie również wykazała, że osoby w grupie badanej spożywały mniejszą ($p < 0{,}05$) ilość tego pierwiastka niż osoby w grupie kontrolnej (212 mg vs. 294 mg), realizując zale-

cane dzienne spożycie jedynie na poziomie 60 % RDA. Szczególnie mały pobór magnezu w całodziennych racjach pokarmowych, odpowiadający 55 % RDA zaobserwowano u mężczyzn z nadciśnieniem tętniczym (204 ± 91 mg).

Pomimo mniejszego, aniżeli u osób zdrowych, oraz niedoborowego spożycia wapnia i magnezu, analiza zawartości tych pierwiastków we włosach wykazała większą ich kumulację u osób z nadciśnieniem tętniczym. W przypadku wapnia stwierdzono jego zawartość we włosach na poziomie 1381 ± 780 μg/g u osób w grupie badanej i 1102 ± 869 μg/g u osób zdrowych ($p < 0,05$). Szczególnie duże różnice wystąpiły między mężczyznami z nadciśnieniem tętniczym i w grupie kontrolnej (1442 ± 759 μg/g vs. 1084 ± 935 μg/g, $p < 0,05$). Analiza zawartości magnezu wykazała z kolei zawartość tego pierwiastka we włosach na poziomie 104 ± 122 μg/g w grupie badanej i 64 ± 54 μg/g w grupie kontrolnej ($p < 0,05$). W przypadku osób z nadciśnieniem tętniczym uwagę zwraca fakt, że dużą zawartość magnezu stwierdzono jedynie we włosach kobiet (162 ± 137 μg/g vs. 68 ± 69 μg/g, $p < 0,05$), natomiast u mężczyzn w tej grupie zaobserwowano blisko dwukrotnie niższy poziom magnezu we włosach aniżeli u mężczyzn zdrowych (29 ± 21 μg/g vs. 59 ± 37 μg/g, $p < 0,05$), co mogło wiązać się z jego niedoborowym spożyciem w diecie tych osób. Ocena stosunków molowych wapnia i magnezu we włosach, pomimo niższych wartości u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym aniżeli u osób zdrowych (8,84 ± 6,69 vs. 17,7 ± 23,87), nie wykazała natomiast istotności statystycznych.

Pomimo nie do końca wyjaśnionej roli wapnia i magnezu, uznaje się, że właściwe ich spożycie w diecie wydaje się mieć udział w patogenezie niekorzystnych zmian ciśnienia krwi, poprzez wpływ tych składników mineralnych m.in. na biosyntezę białek, hormonów i innych czynników oddziałujących na funkcję śródbłonka naczyniowego. Należy pamiętać, że pierwiastki te i ich oddziaływanie w organizmie są ze sobą ściśle powiązane. Niedostateczna podaż jednego składnika mineralnego, poprzez zaburzenie odpowiednich proporcji, może wpływać na działanie innych pierwiastków, a także metaboliczną i humoralną kontrolę ciśnienia tętniczego. Djoussé i wsp. [6] zaobserwowali, że istnieje związek dziennego spożycia produktów mlecznych z rozwojem nadciśnienia tętniczego. Na podstawie powyższych badań stwierdzono istnienie odwrotnej zależności ($p = 0,02$) pomiędzy zawartością wapnia w diecie a wzrostem ciśnienia krwi. Podobnie Steffen i wsp. [28] w badaniach przeprowadzonych z udziałem 4304 osób w wieku 18 - 30 lat stwierdzili wpływ spożycia mleka ($p < 0,05$) na obniżenie stopnia rozwoju nadciśnienia tętniczego. Z kolei Moore i wsp. [21] wykazali, że osoby spożywające co najmniej dwa razy dziennie produkty mleczne w dzieciństwie, w momencie osiągnięcia wieku dorosłego odznaczały się niższym skurczowym ciśnieniem krwi średnio o 7 mm Hg. Nie stwierdzono natomiast istotnej różnicy między wartościami rozkurczowego ciśnienia tętniczego u badanych osób. Warto wspomnieć, że Stamler i wsp. [27] zaobserwowali wyższe ciśnienie u osób spożywających

większą ilość wapnia w diecie, jednak w tej grupie stwierdzono również nadmierny pobór energii oraz spożycie cholesterolu i sodu. W niniejszych badaniach, w szczególności wśród osób z nadciśnieniem tętniczym, wykazano bardzo małe spożycie wapnia (430 mg przez kobiety i 678 mg przez mężczyzn) i magnezu (219 mg – kobiety i 204 mg – mężczyźni) w całodziennych racjach pokarmowych. Na podstawie wyników programu WOBASZ również stwierdzono niedostateczną zawartość tych składników mineralnych w diecie Polaków [37]. Spożycie wapnia i magnezu w ww. populacji wynosiło średnio 460 mg Ca i 223 mg Mg przez kobiety oraz 571 mg Ca i 300 mg Mg przez mężczyzn. Podobne obserwacje poczyniono w ramach badań Pol-MONICA Bis [38]. Pomimo wzrostu ($p<0,0001$) spożycia wapnia i magnezu między rokiem 1993 a 2001 stwierdzono nadal małą zawartość tych pierwiastków w diecie mieszkańców Warszawy (kobiety – 472 mg Ca i 231 mg Mg; mężczyźni – 532 mg Ca i 306 mg Mg). Bolesławska i wsp. [3] również wykazali, że poziom spożycia wapnia i magnezu w diecie Polaków charakteryzuje się niedoborem, bez względu na płeć oraz stosowany model żywienia. Uwagę zwraca mniejsza podaż tych składników mineralnych przez osoby stosujące dietę „optymalną" w porównaniu z dietą „tradycyjną" (kobiety – Ca: 444 mg vs. 592 mg, Mg: 183 mg vs. 243 mg; mężczyźni – Ca: 541 mg vs. 710 mg, Mg: 219 mg vs. 325 mg). W przypadku osób młodszych – studentek AWFiS w Gdańsku – zaobserwowano podobne spożycie wapnia (698 mg) i magnezu (240 mg), jakie stwierdzono w przypadku kobiet zdrowych, biorących udział w niniejszych badaniach (655 mg Ca i 272 mg Mg) [35]. Obserwowana podaż wapnia i magnezu w diecie na poziomie niedoboru, którą potwierdzają powyższe analizy, może wiązać się ze zmianą nawyków żywieniowych Polaków. Sikora i wsp. [25] na podstawie roczników statystycznych GUS z lat 1990 - 2005 wykazali w gospodarstwach domowych rencistów i emerytów zmniejszenie spożycia mleka i jego przetworów o 44 % oraz produktów zbożowych o około 20 %. Również Sygnowska i wsp. [30] stwierdzili, że obserwowane niedobory wapnia i magnezu związane są z niedostatecznym spożyciem produktów mlecznych, pokrywającym jedynie 40 - 60 % zalecanego dziennego spożycia tych składników mineralnych. Warto wspomnieć również, że niewielką preferencję mleka, kefirów i maślanek wykazują także osoby młode, co może prowadzić do zwiększenia ryzyka chorób dietozależnych w tej grupie badanych respondentów [33].

Niedostateczne spożycie wapnia i magnezu w grupie pacjentów z nadciśnieniem tętniczym może wpływać na zmniejszenie skuteczności prowadzonej terapii. Uwagę zwraca natomiast fakt, że pomimo mniejszego spożycia wapnia i magnezu przez chorych z nadciśnieniem tętniczym w niniejszych badaniach, poziom tych pierwiastków we włosach był wyższy wśród tych osób aniżeli w grupie kontrolnej. Zasadne wydaje się zatem okresowe monitorowanie poziomu wybranych składników mineralnych w organizmie i ostateczne potwierdzenie, jaką rolę pełnią w etiopatogenezie nadciśnienia tętniczego. W przypadku analizy zawartości wapnia i magnezu nie stwierdzono

T a b e l a 1

Charakterystyka grupy badanej i kontrolnej oraz spożycie w diecie i zawartość we włosach wapnia i magnezu.
Profile of study and control groups and dietary intake of calcium and magnesium, as well as contents thereof in hair.

Wyszczególnienie Specification		Grupa badana / Study group			Grupa kontrolna / Control group		
		Ogółem / In total	K	M	Ogółem / In total	K	M
Liczba osób/ Number of persons		30	16	14	29	15	14
Wiek [lata] Age [years]	$\bar{x} \pm s$ / SD	48 ± 12	49 ± 12	46 ± 13	40 ± 13	39 ± 14	40 ± 13
Spożycie wybranych składników mineralnych w diecie / Dietary intake of selected minerals							
Ca [mg]	$\bar{x} \pm s$ / SD	543,8 ± 525,3[a]	430,3 ± 390,1[b]	678,0 ± 644,6[c]	701,8 ± 450,4[a]	655,5 ± 405,6[b]	753,3 ± 515,5[c]
	Mediana/Median	361,4	332,1	401,6	591,8	585,6	591,8
	% RDA	60,4[d]	47,8[e]	75,3[f]	78,0[d]	72,8[e]	83,7[f]
Mg [mg]	$\bar{x} \pm s$ / SD	211,9 ± 73,8[g]	218,8 ± 59,0[h]	203,8 ± 90,6[i]	294,4 ± 149,7[g]	272,1 ± 120,3[h]	319,2 ± 181,1[i]
	Mediana/Median	197,5	213,0	166,8	226,8	224,9	277,5
	% RDA	60,5[j]	72,9[k]	55,1[l]	84,1[j]	90,7[k]	86,3[l]
Zawartość wybranych składników mineralnych we włosach / Content of selected minerals in hair							
Ca [µg/g]	$\bar{x} \pm s$ / SD	1381 ± 780[j]	1325 ± 829[m]	1442 ± 759[n]	1102 ± 869[j]	1119 ± 857[m]	1084 ± 935[n]
	Mediana/Median	1561	1539	1561	1040	1054	892
Mg [µg/g]	$\bar{x} \pm s$ / SD	104 ± 122[o]	162 ± 137[p]	29 ± 21[q]	64 ± 54[o]	68 ± 69[p]	59 ± 37[q]
	Mediana/Median	50	132	21	52	57	47
Stosunki molowe pierwiastków we włosach* / Mineral molar ratios in hair*							
Ca / Mg	$\bar{x} \pm s$ / SD	8,84 ± 6,69	-	-	17,7 ± 23,87	-	-

Objaśnienia: / Explanatory notes:
K – kobiety / women; M – mężczyźni / men; $\bar{x}$ – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; RDA – zalecane dzienne spożycie / Recommended Dietary Allowances; a, b, c, e, g, h, i, k, ł, m, n, o, p, q – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,05$ / statistically significant differences at $p < 0.05$; d, f, j, l – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,01$ / statistically significant differences T $p < 0.01$; * statystycznie nieistotne / statistically insignificant.

znaczących różnic między stężeniem tych pierwiastków w osoczu krwi osób z nadciśnieniem tętniczym i normotensyjnych (Ca: 4,69 μg/100 ml vs. 4,86 μg/100 ml; Mg: 1,41 μg/100 ml vs. 1,53 μg/100 ml) [13]. Również Wartanowicz i wsp. [36] wykazali zbliżone średnie poziomy wapnia (2,14 mmol/l vs. 2,02 mmol/l) i magnezu (0,83 mmol/l vs. 0,89 mmol/l) w surowicy krwi pacjentów z nadciśnieniem tętniczym i osób zdrowych. Taneja i Mandal [32] wykazali z kolei wyższe stężenie magnezu w surowicy krwi osób z wysokim ciśnieniem tętniczym (0,66 mg/dl vs. 0,24 mg/dl). Autorzy tego artykułu stwierdzili również korelacje ($p < 0,001$) między poziomem magnezu w surowicy a skurczowym ($r = 0,88$) i rozkurczowym ($r = 0,81$) ciśnieniem krwi. Warto wspomnieć jednak, że powyższe obserwacje wydają się negować wyniki badań Khana i wsp. [17], którzy nie potwierdzili hipotezy, że niskie stężenie magnezu wpływa na ryzyko rozwoju nadciśnienia tętniczego i chorób sercowo-naczyniowych. Obserwowane przez autorów rozbieżności poziomu niektórych składników mineralnych mogą wiązać się z działaniem czynników homeostatycznych, oddziałujących na ich stężenie we krwi. Z tego względu bardziej miarodajnym materiałem badawczym w analizie zawartości składników mineralnych w ustroju wydają się być próbki włosów [11]. W ocenie składu makro- i mikroelementów we włosach Goch i wsp. [11] stwierdzili wyższy poziom Ca (513 μg/g vs. 496 μg/g), natomiast mniejszą zawartość Mg (32,7 μg/g vs. 33,3 μg/g) we włosach chorych z nadciśnieniem tętniczym aniżeli osób zdrowych. Różnice zawartości tych pierwiastków nie były jednak statystycznie istotne, przy czym wartości te były niższe w stosunku do stwierdzonych w niniejszych badaniach w grupie pacjentów z nadciśnieniem tętniczym (Ca: 1380 μg/g; Mg: 104 μg/g). Uwagę zwraca także zaobserwowany w przedstawianej pracy wyższy ($p < 0,05$) poziom Mg we włosach kobiet w grupie badanej (162 μg/g) aniżeli w grupie kontrolnej (68 μg/g). Warto wspomnieć również, że zawartość magnezu we włosach kobiet z nadciśnieniem tętniczym była również ponad pięciokrotnie większa niż u mężczyzn wchodzących w skład grupy badanej. Karaszewski i wsp. [16] stwierdzili natomiast wyższy poziom magnezu we włosach osób po przebytym udarze mózgu w porównaniu z osobami zdrowymi (22 μg/g vs. 14 μg/g). Zbliżone wyniki do niniejszych badań uzyskali z kolei Suliburska i wsp. [29]. W badaniach własnych wykazano wyższy ($p < 0,05$) poziom wapnia we włosach osób z nadciśnieniem tętniczym (1313 μg/g vs. 845 μg/g). Zawartość magnezu była natomiast zbliżona w obu grupach (84 - 89 μg/g). W powyższych badaniach wykazano równocześnie mniejsze ($p < 0,05$) spożycie wapnia i magnezu przez osoby z nadciśnieniem tętniczym (Ca: 573 mg vs. 781 mg; Mg: 228 mg vs. 375 mg). W przypadku chorych z zespołem metabolicznym stwierdzono natomiast mniejszą zawartość tych pierwiastków we włosach aniżeli u osób zdrowych (Ca: 79 mg% vs. 102 mg%; Mg: 5,8 mg% vs. 7,4 mg%) [22].

Powyższe obserwacje dowodzą konieczności prowadzenia właściwej edukacji żywieniowej, wskazującej m.in. na znaczenie odpowiedniego spożycia wapnia i ma-

gnezu zarówno przez chorych z nadciśnieniem tętniczym, jak i osób młodych, zwłaszcza z dodatnim wywiadem rodzinnym w kierunku chorób metabolicznych. Zasadna wydaje się również okresowa kontrola stanu odżywienia wybranymi składnikami mineralnymi, choć ich wpływ i zależność między zawartością w organizmie a nadciśnieniem tętniczym oraz chorobami układu krążenia wymaga dalszych badań.

Wnioski

1. Pacjenci z nadciśnieniem tętniczym spożywają mało wapnia i magnezu w całodziennych racjach pokarmowych.
2. We włosach osób z nadciśnieniem tętniczym stwierdza się większą zawartość wapnia i magnezu aniżeli u osób zdrowych.
3. Zaobserwowane błędy żywieniowe, prowadzące do niedoborowego spożycia składników mineralnych, dowodzą konieczności zwiększenia działań edukacyjnych wśród pacjentów w zakresie sposobu żywienia, jako niezbędnego elementu niefarmakologicznej terapii nadciśnienia tętniczego.

Literatura

[1] Al-Solaiman Y., Jesri A., Mountford W.K., Lackland D.T., Zhao Y., Egan B.M.: DASH lowers blood pressure in obese hypertensives beyond potassium, magnesium and fibre. J. Hum. Hypertens., 2010, **24 (4)**, 237-246.

[2] Barbagallo M., Dominguez L.J., Resnick L.M.: Magnesium metabolism in hypertension and type 2 diabetes mellitus. Am. J. Ther., 2007, **14 (4)**, 375-385.

[3] Bolesławska I., Przysławski J., Schlegel-Zawadzka M., Grzymisławski M.: Zawartość składników mineralnych w całodziennych racjach pokarmowych kobiet i mężczyzn stosujących dietę tradycyjną i "optymalną" - analiza porównawcza. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **4 (65)**, 303-311.

[4] Bożek A., Pajda M., Chudek J., Więcek A.: Parathormon a nadciśnienie tętnicze. Arterial Hypertens., 2008, **12 (4)**, 253-260.

[5] Dickinson H.O., Nicolson D., Cook J.V., Campbell F., Beyer F.R., Ford G.A., Mason J.: Calcium supplementation for the management of primary hypertension in adults. Cochrane Database Syst. Rev., 2006, **19 (2)**, CD004639, DOI: 10.1002/14651858.CD004639.pub2

[6] Djousse L., Pankow J.S., Hunt S.C., Heiss G., Province M.A., Kabagambe E.K., Ellison R.C.: Influence of saturated fat and linolenic acid on the association between intake of dairy products and blood pressure. Hypertension, 2006, **48 (2)**, 335-341.

[7] Durkalec-Michalski K., Sulibursk a J., Krejpcio Z., Bogdański P.: Ocena wiedzy i nawyków żywieniowych wybranej grupy pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. Jakość i bezpieczeństwo żywności wyzwaniem XXI wieku. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2010, ss. 212-220.

[8] Durkalec-Michalski K., Sulibursk a J., Krejpcio Z., Bogdański P.: Ocena spożycia alkoholu, tłuszczu i sodu w wybranej grupie pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **5 (72)**, 178-190.

[9] European Society of Hypertension – European Society of Cardiology Guidelines Committee: 2003 European Society of Hypertension – European Society of Cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. J. Hypertens., 2003, **21 (6)**, 1011-1053, 10.1097/01.hjh.0000059051. 65882.32.

[10] Geleijnse J.M., Grobbee D.E., Kok F.J.: Impact of dietary and lifestyle factors on the prevalence of hypertension in Western populations. J. Hum. Hypertens., 2005, **19 (Suppl 3)**, S1-S4.
[11] Goch A., Goch J.H.: Zawartość makro- i mikroelementów we włosach osób z nadciśnieniem tętniczym. Arterial Hypertens., 2004, **8 (3)**, 177-184.
[12] Goch A.: Rola makroelementów i mikroelementów w patogenezie nadciśnienia tętniczego. Rozpr. hab. Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Wydz. Wojskowo-Lekarski, Łódź 2005.
[13] Goch A.: Stężenie pierwiastków w osoczu u chorych na samoistne nadciśnienie tętnicze. Pol. Arch. Med. Wew., 2005, **114 (4)**, 947-952.
[14] Griffith L.E., Guyatt G.H., Cook R.J., Bucher H.C., Cook D.J.: The influence of dietary and nondietary calcium supplementation on blood pressure: an updated metaanalysis of randomized controlled trials. Am. J. Hypertens., 1999, **12 (1 Pt 1)** 84-92.
[15] Houston M.C., Harper K.J.: Potassium, magnesium, and calcium: their role in both the cause and treatment of hypertension. J. Clin. Hypertens., 2008, **10 (7 suppl. 2)**, 3-11.
[16] Karaszewski B., Kozera G., Dorosz A., Łukasiak J., Szczyrba S., Łysiak-Szydłowska W., Nyka W.M.: High magnesium or potassium hair accumulation is not associated with ischemic stroke risk reduction: a pilot study. Clin. Neurol. Neurosurg., 2007, **109 (8)**, 676-679.
[17] Khan A.M., Sullivan L., McCabe E., Levy D., Vasan R.S., Wang T.J.: Lack of association between serum magnesium and the risks of hypertension and cardiovascular disease. Am. Heart J., 2010, **160 (4)**, 715-720.
[18] Knypl K.: Znaczenie magnezu oraz wapnia w schorzeniach układu krążenia. Przew. Lek., 2004, **11**, 44-48.
[19] Lee S., Park H.K., Son S.P., Lee C.W., Kim I.J., Kim H.J.: Effects of oral magnesium supplementation on insulin sensitivity and blood pressure in normo-magnesemic nondiabetic overweight Korean adults. Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis., 2009, **19 (11)**, 781-788.
[20] Leiba A., Vald A., Peleg E., Shamiss A., Grossman E.: Does dietary recall adequately assess sodium, potassium, and calcium intake in hypertensive patients? Nutrition, 2005, **21 (4)**, 462-466.
[21] Moore L.L., Singer M.R., Bradlee M.L., Djousse L., Proctor M.H., Cupples L.A., Ellison R.C.: Intake of fruits, vegetables, and dairy products in early childhood and subsequent blood epidemiology pressure change. Epidemiology, 2005, **16 (1)**, 4-11.
[22] Park S.B., Choi S.W., Nam A.Y.: Hair tissue mineral analysis and metabolic syndrome. Biol. Trace Elem. Res., 2009, **130 (3)**, 218-228.
[23] Scisney-Matlock M., Glazewki L., McClerking C., Kachorek L.: Development and evaluation of DASH diet tailored messages for hypertension treatment. Appl. Nurs. Res., 2006, **19 (2)**, 78-87.
[24] Scrogin K.E., Hatton D.C., McCarron D.A.: The interactive effects of dietary sodium chloride and calcium on cardiovascular stress responses. Am. J. Physiol., 1991, **261 (4 Pt 2)**, R945–R949.
[25] Sikora E., Pysz M., Leszczyńska T.: Zmiany podaży podstawowych grup produktów spożywczych w gospodarstwach domowych emerytów i rencistów w latach 1989-2004. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **5 (66)**, 132-147.
[26] Song Y., Sesso H.D., Manson J.E., Cook N.R., Buring J.E., Liu S.: Dietary magnesium intake and risk of incident hypertension among middle-aged and older US women in a 10-year follow-up study. Am. J. Cardiol., 2006, **98 (12)**, 1616-1621.
[27] Stamler J., Caggiula A., Grandits G.A., Kjelsberg M., Cutler J.A.: Relationship to blood pressure of combinations of dietary macronutrients. Circulation, 1996, **94 (10)**, 2417-2423.
[28] Steffen L.M., Kroenke C.H., Yu X., Pereira M.A., Slattery M.L., Van Horn L., Gross M.D., Jacobs D.R.: Associations of plant food, dairy product, and meat intakes with 15-y incidence of elevated blood pressure in young black and white adults: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Study. Am. J. Clin. Nutr., 2005, **82 (6)**, 1169-1177.

[29] Sulibursk a J., Bogdański P., Pupek-Musialik D., Krejpcio Z.: Dietary intake and serum and hair concentrations of minerals and their relationship with serum lipids and glucose levels in hypertensive and obese patients with insulin resistance. Biol. Trace Elem. Res., 2011, **139 (2)**, 137-150.
[30] Sygnowska E., Waśkiewicz A., Głuszek J., Kwaśniewska M., Biela U., Kozakiewicz K., Zdrojewski T., Rywik S.: Spożycie produktów spożywczych przez dorosłą populację. Wyniki programu WOBASZ. Kardiol. Pol., 2005, **63 (6/supl.4)**, 670-676.
[31] Szponar L., Wolnicka K., Rychlik E.: Album fotografii, produktów i potraw. Wyd. IŻŻ, Warszawa 2000.
[32] Taneja S.K., Mandal R.: Mineral factors controlling essential hypertension – a study in the Chandigarh, India population. Biol. Trace Elem. Res., 2007, **120 (1-3)**, 61-73.
[33] Topolska K., Cieślik E., Bodzioch A., Grzych-Tuleja E.: Preferencje młodzieży gimnazjalnej z terenu województwa małopolskiego w zakresie spożycia mleka i produktów mlecznych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **2 (69)**, 76-84.
[34] Townsend M.S., Fulgoni V.L., Stern J.S., Adu-Afarwuah S., McCarron D.A.: Low mineral intake is associated with high systolic blood pressure in the Third and Fourth National Health and Nutrition Examination Surveys: could we all be right? Am. J. Hypertens., 2005, **18 (2 Pt 1)**, 261-269.
[35] Walentukiewicz A.: Ocena wartości odżywczej diet studentek AWFiS w Gdańsku. Cz. II. Witaminy i składniki mineralne. Rocznik Naukowy AWFiS w Gdańsku, 2011, **20**, 108-114.
[36] Wartanowicz M., Ziemlański Ś., Czarkowski M., Chodakowska J., Chojnowski K.: Fatty acid pattern and lipid and mineral component concentration in serum in essentials hypertension. Żywienie Człowieka, 1991, **18 (3)**, 194-199.
[37] Waśkiewicz A., Sygnowska E., Jasiński B., Kozakiewicz K., Biela U., Kwaśniewska M., Głuszek J., Zdrojewski T.: Wartość energetyczna i odżywcza diety dorosłych mieszkańców Polski. Wyniki programy WOBASZ. Kardiol. Pol., 2005, **63 (6/supl.4)**, S1-S7.
[38] Waśkiewicz A.: Jakość zdrowotna racji pokarmowej mieszkańców prawobrzeżnej Warszawy w latach 1993 - 2001. Badanie POL-MONICA bis Warszawa. Roczn. PZH, 2003, **54 (2)**, 197-205.
[39] Wu G., Tian H., Han K., Xi Y., Yao Y., Ma A.: Potassium magnesium supplementation for four weeks improves small distal artery compliance and reduces blood pressure in patients with essential hypertension. Clin. Exp. Hypertens., 2006, **28 (5)**, 489-497.

ANALYSIS OF CORRELATION BETWEEN INTAKE OF SELECTED MINERALS AND THEIR CONTENT IN HAIR OF PATIENTS IN SELECTED GROUP WITH PRIMARY HYPERTENSION

S u m m a r y

Hypertension is one of the most commonly occurring cardiovascular diseases. Proper nutrition is one of the major elements of non-pharmacological prevention and treatment of high blood pressure. Optimal intake of calcium and magnesium plays an important role in preventing and treating hypertension.

The objective of this study was to assess the intake of calcium and magnesium and the content thereof in hair of the patients with primary hypertension.

The study included 30 patients with primary hypertension and 29 healthy persons. The content of calcium and magnesium in the hair samples was determined applying a method of atomic absorption spectrophotometry (AAS) and using a Zeiss AAS-3 apparatus. The dietary intake of the components analysed was assayed on the basis of a three times performed, 24 h interview on dietary intake. The content of calcium

and magnesium in the daily diets was determined on the basis of computer databases developed using a 'Dietetyk' (Nutritionist) software.

A higher Ca content was found in the hair of patients with hypertension than in the hair of healthy persons. Moreover, a higher content of Mg was determined in the hair of women in the study group of patients than in the hair of women with a regular blood pressure. The assessment of daily Ca and Mg intake proved that the supply of those elements through diet was insufficient. It was found that the intake of calcium and magnesium by both the women and men with hypertension was lower compared to the healthy persons. However, no significant correlations were found between the supply of the minerals analyzed and the content thereof in the hair of the polled.

Key words: hypertension, hair, calcium, magnesium, dietary intake

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 198 – 214

PAWEŁ NOWICKI, TADEUSZ SIKORA

OPINIE KLIENTÓW SIECI BARÓW BISTRO NA TEMAT HIGIENY I JAKOŚCI SERWOWANYCH POTRAW

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

Przedmiotem badań było poznanie opinii klientów barów bistro na temat higieny produkcji żywności. Wyniki badań są odzwierciedleniem poziomu wiedzy klientów w tym zakresie i próbą określenia, czy zmienne socjodemograficzne mają istotne znaczenie w percepcji tego problemu. Badaniami objęto bary bistro wybranej sieci stacji benzynowych w 9 województwach w Polsce. Przeprowadzone zostały w 2008 roku za pomocą anonimowej ankiety z wykorzystaniem 282 kwestionariuszy. Badania wykazały, że przeciętny konsument jest świadomy wagi zagadnień z zakresu higieny produkcji żywności i jest krytyczny, wypowiadając się na tematy dotyczące jakości produktów spożywczych oraz poziomu obsługi w barach bistro wybranej sieci stacji benzynowych.

Przeprowadzone badania dowodzą, że klienci z wykształceniem wyższym i pomaturalnym wykazują wyższy poziom wrażliwości od pozostałych w zakresie dotyczącym dbałości o higienę przygotowania i serwowania potraw w barach bistro oraz mają największe zastrzeżenia odnośnie wyglądu higienicznego oferowanych produktów.

Słowa kluczowe: higiena produkcji żywności, świadomość klientów, bary bistro, stacje benzynowe

Wprowadzenie

Wraz ze wzrostem znaczenia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności obserwuje się rosnące zainteresowanie podmiotów handlowo-usługowych problematyką zarządzania bezpieczeństwem zdrowotnym żywności [5, 6, 8].

W Polsce, od kilku lat, występuje rosnąca tendencja do spożywania posiłków poza domem, a konsument korzysta z usług gastronomicznych nie tylko w celu zaspokojenia podstawowych potrzeb żywieniowych. Oferowane usługi obejmują coraz szerszy zakres. Dobrym tego przykładem są stacje benzynowe, na których znajdują się bary bistro [3]. Zakłady gastronomiczne, w tym również bary bistro na stacjach benzynowych, chcąc odnieść sukces na rynku muszą w strategii firmy uwzględnić wymagania

Dr inż. P. Nowicki, prof. dr hab. T. Sikora, Katedra Zarządzania Jakością, Wydz. Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków

klienta oraz wdrożyć odpowiedni system zapewnienia jakości. Właściwa jakość to gwarancja stałych klientów oraz możliwość rozwoju firmy i osiągnięcia zysku [9, 10].

Celem niniejszej pracy było poznanie opinii klientów na temat postrzegania higieny produkcji i serwowania żywności w wybranej sieci barów bistro w Polsce.

Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w 2008 r. na terenie dziewięciu województw Polski, metodą ankietową z wykorzystaniem opracowanego dla potrzeb badania kwestionariusza. Wybór województw nie był przypadkowy, do badania wybrano te województwa, w których zlokalizowana jest większość stacji benzynowych wybranego koncernu. W pozostałych województwach liczba stacji benzynowych była na tyle niewielka, że nie zostały one poddane badaniu. Badaniami objęto klientów barów bistro wybranej sieci stacji benzynowych w liczbie 210 stacji.

W barach bistro badanej sieci stacji benzynowych wdrożony był i utrzymywany system HACCP. Oferta barów obejmowała przygotowywane na miejscu: kanapki, hotdogi, zapiekanki oraz napoje, takie jak kawa i herbata. Dodatkowo w ofercie znajdowały się produkty dostarczane jako gotowe i tylko serwowane klientom (ciasta, tortille, sandwicze).

Klienci barów bistro sieci stacji benzynowych zostali przebadani za pomocą anonimowej ankiety, mającej na celu określenie poziomu ich satysfakcji i wiedzy w zakresie bezpieczeństwa i higieny żywności. Badanie satysfakcji klientów przeprowadzono na 25 wybranych losowo stacjach w całej Polsce. Na każdej z tych stacji badaniu ankietowemu poddano co najmniej 10 losowo wybranych klientów, korzystających z bistro w danym dniu. Łącznie przebadano 282 respondentów. Pozwoliło to uzyskać reprezentatywną próbę dla całej populacji. Badanie na stacjach było prowadzone w ciągu 2 następujących po sobie miesięcy, tak aby zapewnić homogeniczność badanych klientów ze względu na poziom wiedzy i standardy organizacyjne.

Uzyskane w badaniach wyniki poddano szczegółowej analizie statystycznej z wykorzystaniem metod zarówno analizy zmiennych jakościowych, jak i ilościowych, w tym statystyki opisowej, wnioskowania statystycznego, a także metod analizy wielowymiarowej [7].

Wyniki badań i ich omówienie

Charakterystykę struktury społecznej respondentów przedstawiono w tab. 1. Spośród 282 osób, które prawidłowo wypełniły ankietę, najliczniej reprezentowaną grupą byli mężczyźni (70 %). Biorąc pod uwagę wykształcenie ankietowanych, najliczniejszą grupę stanowiły osoby z wykształceniem wyższym (50 %). Pod względem wieku najliczniejszą grupę klientów barów bistro wybranej sieci stacji benzynowych stanowili ludzie w wieku do 35 lat (78 %), co może świadczyć o tym, że usługi tego typu barów

skierowane są głównie do ludzi młodych, którzy nie mają czasu na samodzielne przygotowywanie posiłków, będąc często w trakcie podróży lub wyjazdów służbowych.

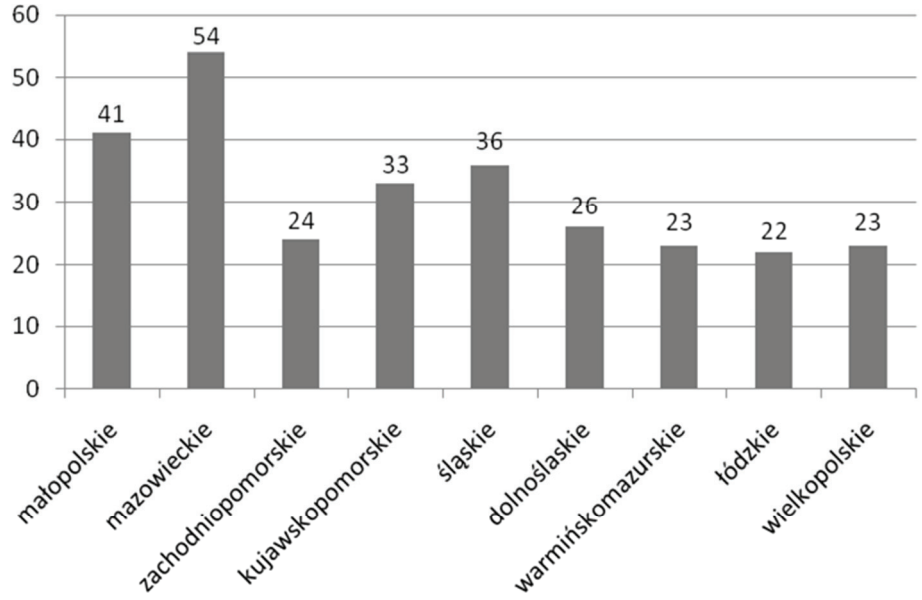
T a b e l a 1

Struktura społeczna respondentów.
Social structure of respondents.

Wyszczególnienie / Item	Udział / Percentage [%]
Płeć: / Gender:	
kobieta / woman	30
mężczyzna / man	70
Wiek: / Age:	
poniżej 25 / below 25	23
26 - 35 lat / years old	55
36 - 45 lat / years old	15
46 - 55 lat / years old	4
56 - 65 lat / years old	2
powyżej 65 lat / years old	1
Wykształcenie: / Education:	
podstawowe / primary	1
zawodowe / viacational	5
średnie / high school	25
pomaturalne / high-bachelor	19
wyższe / high-master	50

Źródło: opracowanie własne.
Source: own research.

Klienci stacji benzynowych wybranego koncernu zostali przebadani w tych samych 9 województwach Polski, w których badani byli pracownicy koncernu [12]. Ilościowy rozkład badanych klientów w poszczególnych województwach przedstawiono na rys. 1. Największą reprezentację klientów miały województwa: mazowieckie, małopolskie i śląskie w związku tym, że w tych właśnie województwach było najwięcej stacji benzynowych wybranego koncernu. W pozostałych badanych województwach liczba ankietowanych klientów była mniejsza, co było spowodowane mniejsza liczbą stacji benzynowych na tych obszarach [11].

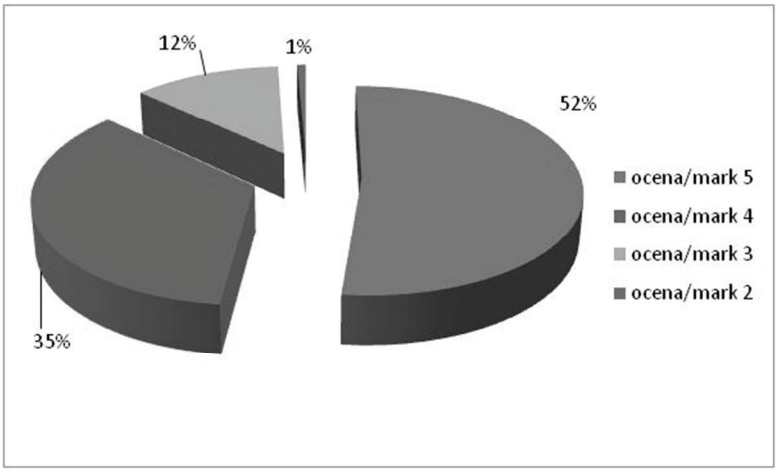


Rys. 1. Liczba przebadanych klientów w poszczególnych województwach.
Fig. 1. The number of surveyed customers in selected regions.
Źródło: badania własne / Source: own research.

Jednym z pytań zadawanych klientom barów bistro było wyrażenie opinii na temat poziomu zadowolenia z jakości oferowanych produktów spożywczych. Ponad połowa respondentów (52 %) oceniła swoje zadowolenie na poziomie bardzo dobrym (rys. 2). Ogólnie 87 % ankietowanych klientów przypisało oceny zadowalające, co świadczy o ich wysokiej wiedzy odnośnie jakości produktów spożywczych oferowanych w bistro. Jedynie 12 % klientów określiło poziom jakości produktów spożywczych sprzedawanych w bistro na ocenę 3. Jest to ocena średnia. Klienci najprawdopodobniej nie byli zdecydowani czy produkt, który kupili w znaczący sposób różni się na korzyść, bądź niekorzyść. Opinię tę można potraktować jako neutralną. Tylko 1 % klientów wpisało ocenę 2, co stanowi marginalną wartość. Analizując rozkład odpowiedzi na to pytanie można stwierdzić, że klientami barów bistro są stali, lojalni klienci, którzy są przyzwyczajeni do marki i w dużym stopniu usatysfakcjonowani poziomem jakości oferowanych produktów.

Analizując opinie nt. poziomu zadowolenia z jakości oferowanych w barach bistro produktów spożywczych z uwzględnieniem płci oraz wieku respondentów, nie zaobserwowano różnic w poszczególnych grupach, co wskazuje na to, że respondenci bez względu na te zmienne jednakowo oceniali poziom jakości oferowanych produktów spożywczych w barach bistro. W tym przypadku najbardziej krytyczni odnośnie poziomu jakości oferowanych produktów byli klienci z wyższym wykształceniem,

których 47 % oceniło jakość na poziomie 5, przy 16 % głosów przypadających na ocenę 3 (rys. 3). W pozostałych grupach oceny 5 przyznało ponad 50 % respondentów, co po raz kolejny świadczy o tym, że klienci z wykształceniem wyższym mieli największe oczekiwania wobec jakości produktów.

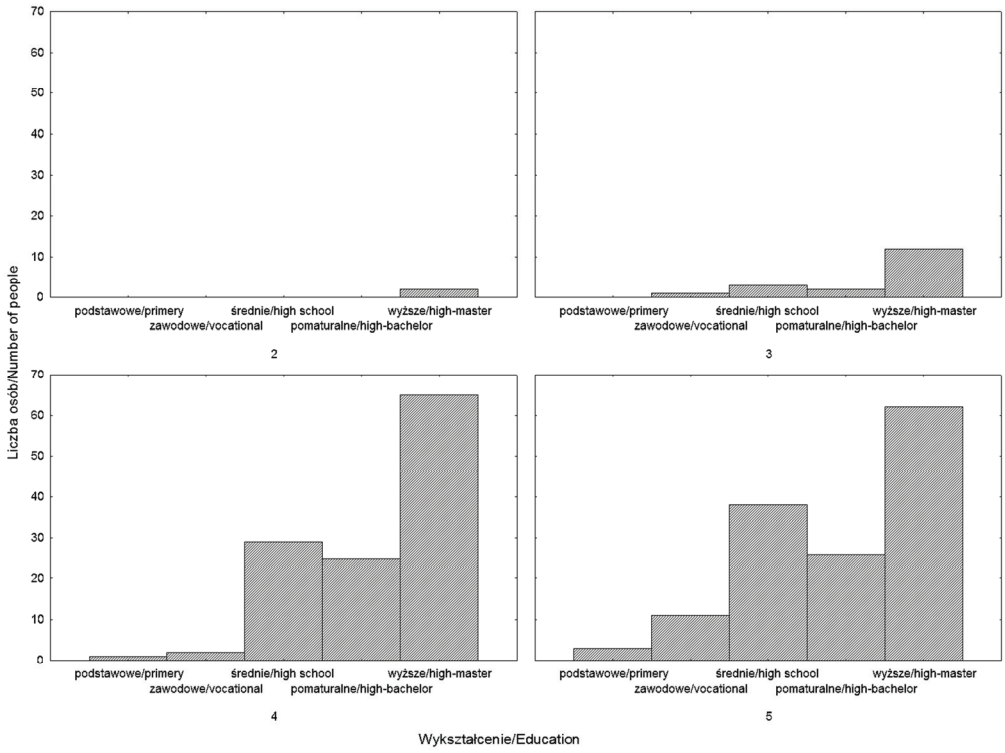


Rys. 2. Opinia klientów nt. poziomu zadowolenia z jakości oferowanych w barze bistro produktów spożywczych.
Fig. 2. Customers opinion on the satisfaction level of offered food products in bistro bars.
Źródło: badania własne / Source: own research.

Klienci mieli również możliwość wyrażenia swojej opinii na temat dbałości o higienę przygotowywania i serwowania potraw oraz czystości pomieszczeń na stacji benzynowej. Spośród ankietowanych 90 % respondentów oceniło zachowanie pracowników wysoko i uznało, że higiena przygotowywania i serwowania potraw, a także czystość pomieszczeń była na wysokim poziomie (rys. 4). Tylko 6 % ankietowanych zauważyło, że poziom higieny na różnych stacjach tego samego koncernu jest różny, natomiast 3 % osób nie miało zdania na ten temat i najprawdopodobniej byli to klienci, którzy okazjonalnie skorzystali z bistro. Taki rozkład opinii klientów świadczy o wysokim standardzie higieny utrzymywanym w większości barów bistro stacji benzynowych badanego koncernu.

Z przeprowadzonych badań wynika, że percepcja kobiet i mężczyzn nie różni się, gdyż bardzo podobnie oceniają i postrzegają dbałość o higienę przy przygotowywaniu i serwowaniu potraw (rys. 5). Niemniej jednak 15 (8 %) spośród ankietowanych mężczyzn zwróciło uwagę, że w zależności od baru bistro (w ramach tego samego koncernu) poziom jest różny w porównaniu z 4 % kobiet, które udzieliły takiej odpowiedzi. Świadczyć to może o tym, że mężczyźni dwa razy częściej korzystają z barów bistro i stacji tego koncernu i mają porównanie z innymi stacjami. Kolejnym potwierdzeniem

faktu, że kobiety rzadziej korzystają z barów bistro na stacjach benzynowych, a więc nie mają takiego porównania, jak mężczyźni, jest opinia 5 % kobiet, które nie wyraziły zdania na temat higieny przygotowywania i serwowania produktów, a także czystości pomieszczeń, w porównaniu z 2 % mężczyzn, co świadczy, że były one klientkami, które przypadkowo skorzystały z bistro.



Rys. 3. Skategoryzowany histogram opisujący opinię klientów nt. poziomu zadowolenia z jakości oferowanych w barze bistro produktów spożywczych z uwzględnieniem wykształcenia.

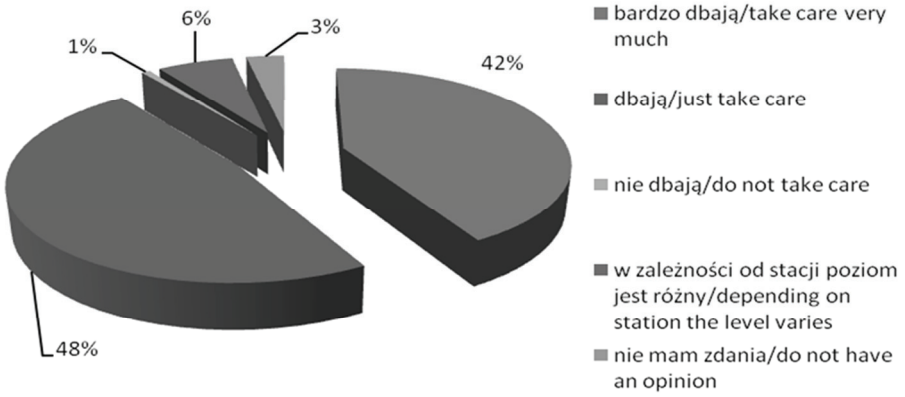
Fig. 3. Categorized histogram describing the customers opinion on the level of satisfaction with the quality of offered food products in relation to education.

Objaśnienia/Explanatory notes: 2, 3, 4, 5, - oceny / rating.

Źródło: badania własne / Source: own research.

Analiza opinii klientów dotyczącej dbałości o higienę przygotowywania i serwowania potraw w barach bistro, a także czystości pomieszczeń, uwzględniająca wiek respondentów (rys. 6) wykazała, że klienci w wieku do 25 lat oraz od 36 - 45 lat podzielili swoje wskazania pomiędzy odpowiedzi „a" – bardzo dbają i „b" - dbają odpowiednio: 46 % i 48 % w przypadku pierwszej grupy i 45 % i 49 % w przypadku grupy drugiej. Najbardziej zróżnicowane procentowo rozkłady opinii wystąpiły w grupie

osób w wieki od 26 - 35 lat. W grupie tej ocen „bardzo dbają" było 39 % a ocen „dbają" – 49 %. Interesujące jest również to, że spośród grup wiekowych o największej liczności, 8 % respondentów w wieku 26 - 35 lat zaznaczyło odpowiedź, że poziom jest różny w zależności od stacji, co może świadczyć, że właśnie w tej grupie wiekowej klienci mają doświadczenia z innych barów bistro koncernu, udowadniając tym samym że są klientami, którzy częściej od innych korzystają z bistro.

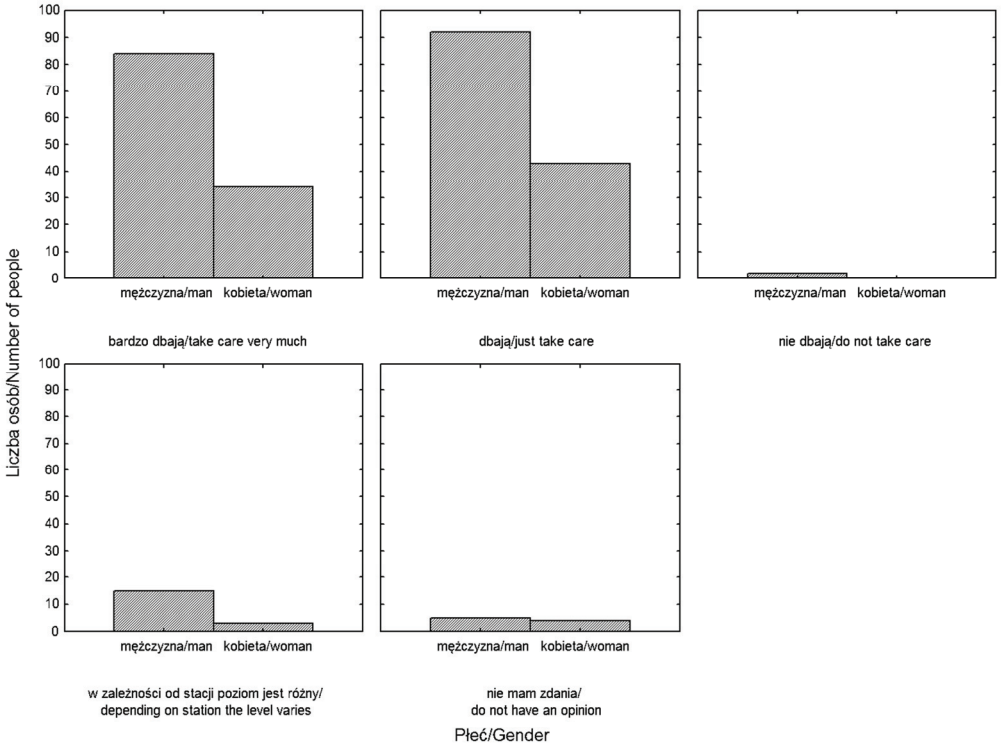


Rys. 4. Opinia klientów na temat dbałości o higienę przygotowywania i serwowania potraw oraz higienę pomieszczeń.

Fig.4. Customers opinion about the taking care at preparing and serving meals as well as the facilities' hygiene.

Źródło: badania własne / Source: own research.

Rozpatrując opinię respondentów dotyczącą dbałości o higienę przygotowywania i serwowania potraw w barach bistro, a także czystości pomieszczeń, z uwzględnieniem wykształcenia respondentów (rys. 7), dowiedziono, że klienci z wykształceniem wyższym i pomaturalnym wykazują wyższy poziom wrażliwości od pozostałych. Klienci z wyższym wykształceniem tylko w 36 % głosów przyznali oceny „bardzo dbają", natomiast w grupie osób z wykształceniem pomaturalnym wskaźnik ten wyniósł 39 %. W pozostałych grupach oceny były wyższe i wynosiły ponad 50 % w przypadku oceny „bardzo dbają". Grupą osób, która najwyżej oceniła tę kategorię są osoby z wykształceniem zawodowym i odsetek wśród najwyższych ocen wynosił 78 %.



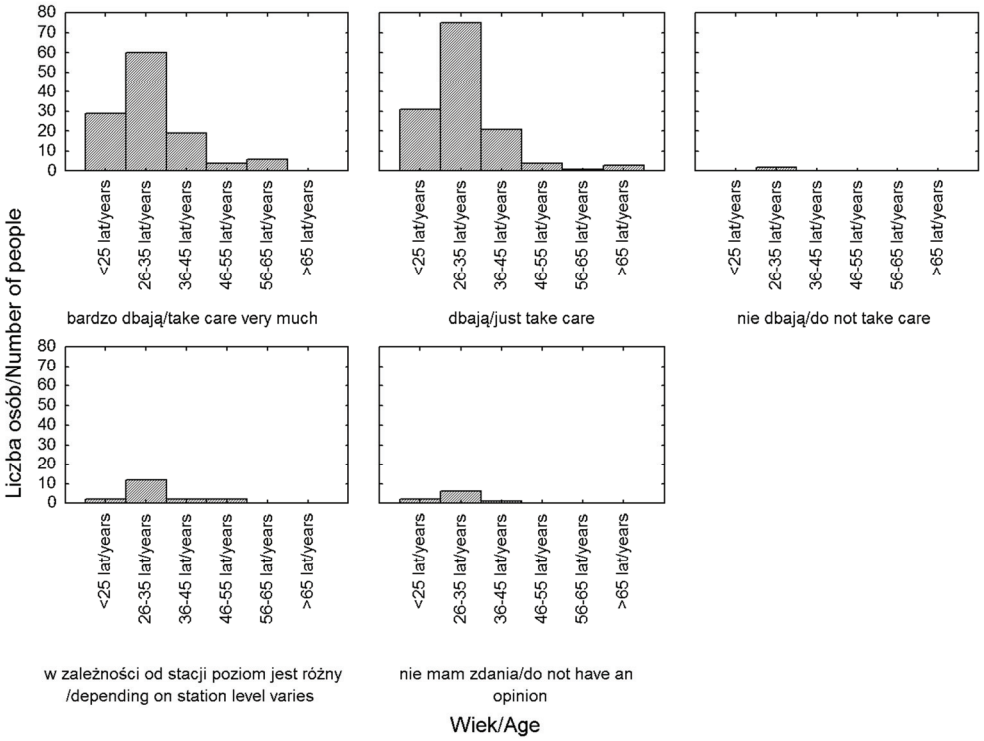
Rys. 5. Skategoryzowany histogram opisujący opinię respondentów dotyczącą dbałości o higienę przygotowywania i serwowania potraw w barach bistro, a także czystości pomieszczeń, z uwzględnieniem płci respondentów.

Fig. 5. Categorized histogram describing the opinion of respondents regarding taking care about hygiene at preparing and serving meals in bistro bars as well as the cleanliness of the facilities in relation to the gender of respondents.

Źródło: badania własne / Source: own research.

Następne pytanie, na które odpowiadali respondenci, dotyczyło ich opinii na temat estetyki i wyglądu higienicznego produktów sprzedawanych w bistro. Klienci oceniali tę kategorię w skali 5-punktowej, gdzie 5 stanowiło ocenę najwyższą, a 1 najniższą. Prawie 56 % badanych klientów przyznało ocenę 5, natomiast kolejne 36 % przyznało ocenę 4 (rys. 8). Podobnie, jak przypadku poprzednich pytań, oceny konsumentów były bardzo wysokie, co dobrze świadczy o badanych barach bistro. Mediana odpowiedzi na to pytanie wynosi 5, co również wskazuje, że oceny klientów były wysokie. Tak dobre oceny świadczą o tym, że produkty sprzedawane w bistro są bardzo dobrze postrzegane i klienci, oceniając wysoko ich apetyczność, wyrażają swoją opinię, że produkty wyeksponowane są atrakcyjnie i klient ma ochotę je nabyć. Analizując rozkład odpowiedzi uzyskanych na to pytanie względem płci oraz wieku respondentów, nie zaobserwowano różnic

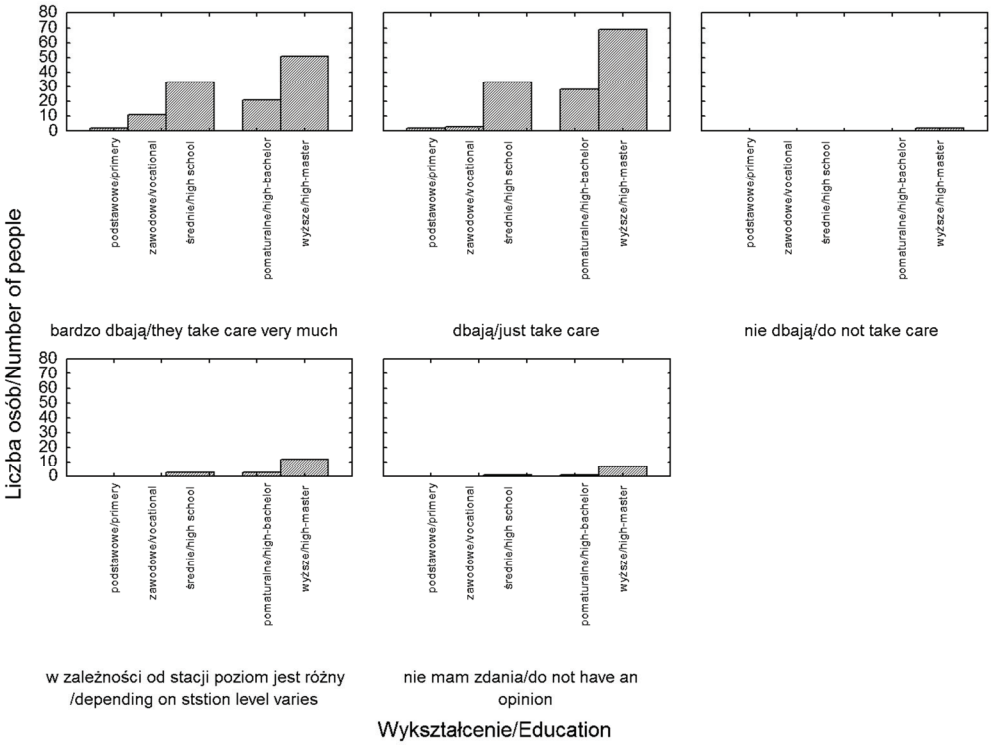
w poszczególnych grupach, co wskazuje, że respondenci bez względu na te zmienne jednakowo oceniali wygląd higieniczny oferowanych produktów spożywczych w barach bistro. Podobnie, jak w poprzednich pytaniach, analizując rozkład odpowiedzi na to pytanie względem wykształcenia respondentów, dowiedziono, że klienci z wyższym wykształceniem mieli największe zastrzeżenia do wyglądu higienicznego oferowanych produktów; odsetek ocen 5 wynosił 49 % (rys. 9). W pozostałych kategoriach pod względem wykształcenia odsetek w najwyższej grupie ocen był wyższy i kształtował się w przedziale od 59 % w przypadku osób z wykształceniem pomaturalnym do 93 % z wykształceniem zawodowym. Niemniej jednak ogólne oceny we wszystkich grupach były bardzo wysokie i dobrze świadczą o przygotowaniu pracowników do pracy w barach bistro i dbaniu o element wizualny serwowanych potraw.



Rys. 6. Skategoryzowany histogram opisujący opinię respondentów dotyczącą dbałości o higienę przygotowywania i serwowania potraw w barach bistro, a także czystości pomieszczeń, z uwzględnieniem wieku respondentów.

Fig. 6. Categorized histogram describing the opinion of respondents regarding taking care about hygiene at preparing and serving meals in bistro bars as well as the cleanliness of the facilities in relation to the age of respondents.

Źródło: badania własne / Source: own research.

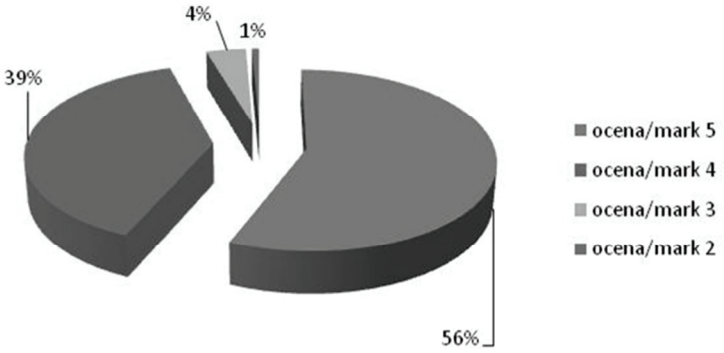


Rys. 7. Skategoryzowany histogram opisujący opinię respondentów dotyczącą dbałości o higienę przygotowywania i serwowania potraw w barach bistro, a także czystości pomieszczeń, z uwzględnieniem wykształcenia respondentów.

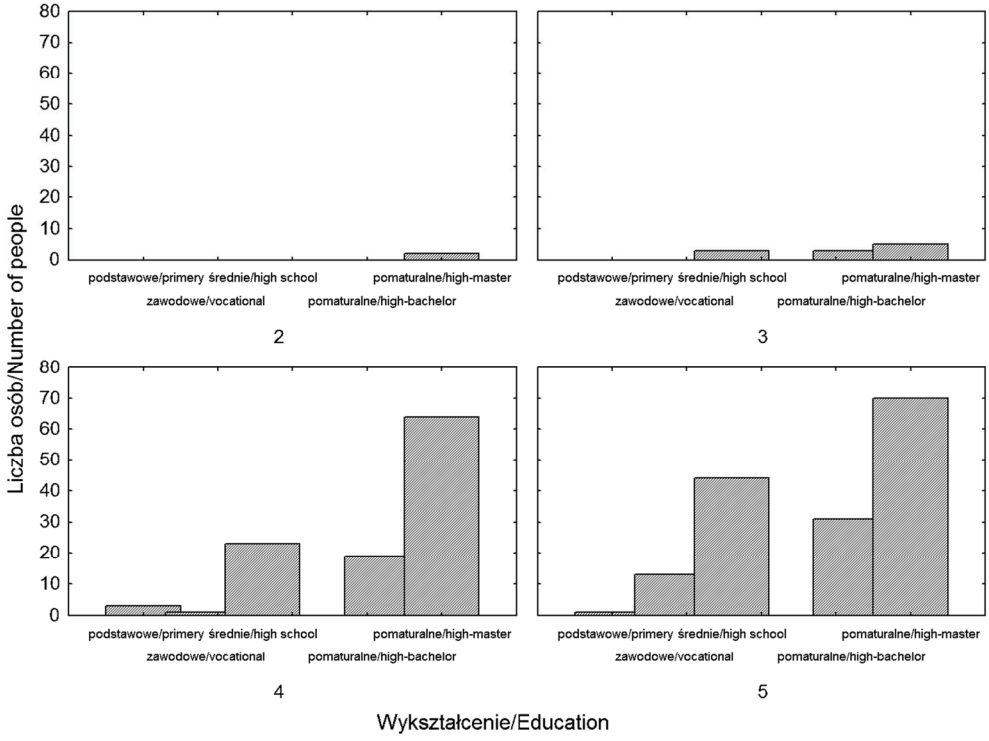
Fig.7. Categorized histogram describing the opinion of respondents regarding taking care about hygiene at preparing and serving meals in bistro bars as well as the cleanliness of the facilities in relation to the education level of respondents.

Źródło: badania własne / Source: own research.

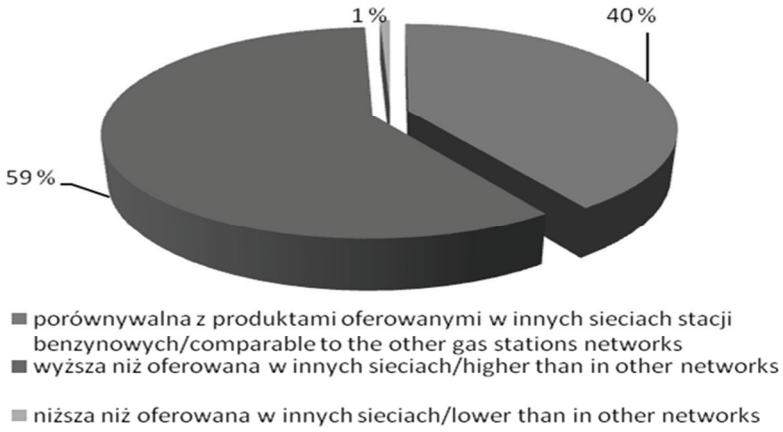
Konsumenci poproszeni zostali również o próbę porównania poziomu jakości oferowanych produktów spożywczych w badanej sieci barów bistro wybranego koncernu paliwowego z produktami oferowanymi w innych sieciach. Konsumenci w większości wskazali (59 %), że jakość produktów jest wyższa niż w sieciach konkurencyjnych. Taki wynik bardzo dobrze świadczy o badanej sieci (rys. 10). Blisko 40 % respondentów z kolei oceniło jakość produktów na porównywalnym poziomie, gdzie przy ogólnych bardzo wysokich ocenach jest oceną akceptowaną. Jedynie 2 osoby, spośród 282 klientów, oceniły jakość produktów na niższym poziomie, która przy takiej liczności stanowi wartość marginalną.



Rys. 8. Konsumencka ocena wyglądu higienicznego produktów sprzedawanych w barach bistro.
Fig. 8. Consumer assessment of the hygienic appearance of food products sold in the bistro.
Źródło: badania własne / Source: own research.

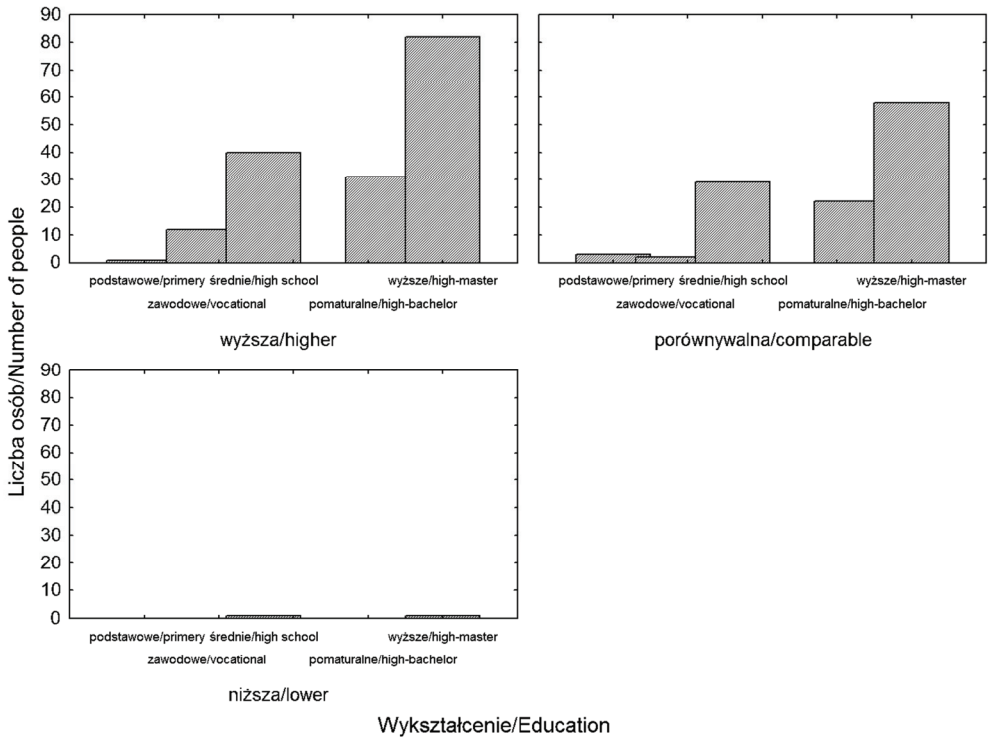


Rys. 9. Skategoryzowany histogram opisujący opinię respondentów na temat wyglądu higienicznego produktów oferowanych w bistro względem ich wykształcenia.
Fig. 9. Categorized histogram describing the respondents opinion of the hygienic appearance of food products sold in the bistro in relation to their education level.
Źródło: badania własne / Source: own research.



Rys. 10. Opinia konsumentów na temat poziomu jakości produktów spożywczych sprzedawanych w barach bistro w porównaniu z innymi sieciami.
Fig. 10. Customers opinion on the quality level of food products sold in bistro bars in comparison to other networks.
Źródło: badania własne / Source: own research.

Analiza rozkładu opinii dotyczących poziomu jakości produktów spożywczych w badanych barach bistro, w porównaniu z produktami oferowanymi w konkurencyjnych sieciach stacji benzynowych względem płci i wieku respondentów nie wykazała znaczących różnic w poszczególnych grupach, co wskazuje na to, że respondenci bez względu na te zmienne jednakowo oceniają poziom jakości oferowanych produktów spożywczych w porównaniu z konkurencją. Z kolei w przypadku rozkładu opinii uwzględniającego wykształcenie respondentów (rys. 11) nie wykazano, podobnie jak w przypadku odpowiedzi w poprzednich pytaniach, zależności, że konsumenci z wyższym wykształceniem są bardziej krytyczni w odniesieniu do pozostałych osób. Opinie wśród osób z wykształceniem średnim, pomaturalnym i wyższym kształtowały się niemal identycznie. Około 59 % wskazań respondentów przypadło na ocenę, że produkty są wyższej jakości niż u konkurencji, a około 41 %, że porównywalnej. Z kolei podobnie, jak w odpowiedziach udzielonych na poprzednie pytania, respondenci z wykształceniem zawodowym oceniali najlepiej i 86 % z nich wyraziło opinię o wyższej jakości niż u konkurencji.

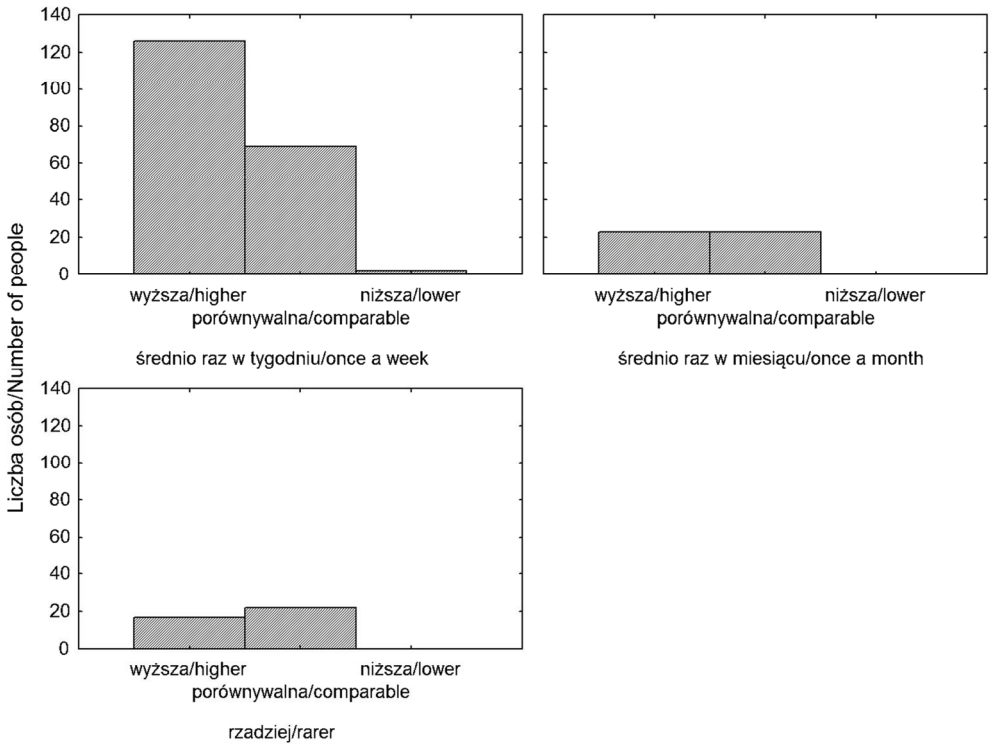


Rys. 11. Skategoryzowany histogram opisujący opinię respondentów na temat poziomu jakości produktów spożywczych sprzedawanych w barach bistro w porównaniu z innymi sieciami pod względem ich wykształcenia.

Fig. 11. Categorized histogram describing customers opinion on the quality level of food products sold in bistro bars in comparison to other networks in relation to their education level.

Źródło: badania własne / Source: own research.

Znaczenie cech jakościowych produktu oraz jego świeżości zostały potwierdzone w licznych badaniach dotyczących poszczególnych rodzajów żywności [1, 2, 4]. Na rys. 12. przedstawiono zależność pomiędzy częstotliwością korzystania z barów bistro a postrzeganiem poziomu jakości oferowanych produktów. Przeprowadzone badania dowodzą, że im rzadziej klienci korzystają z barów bistro wybranej sieci stacji benzynowych, tym postrzeganie jakości oferowanych produktów w odniesieniu do konkurencji oceniają częściej na poziomie porównywalnym. Dzieje się tak najprawdopodobniej dlatego, że klienci korzystający z barów na stacjach benzynowych rzadko, w równym stopniu, odwiedzają też inne sieci i nie są przywiązani do korzystania z jednej wybranej przez siebie sieci. W wyniku weryfikacji testem niezależności chi-kwadrat stwierdzono, że występują statystycznie istotne różnice częstości odpowiedzi ze względu na ocenę respondentów w porównaniu do innych sieci przy $p < 0,1$.

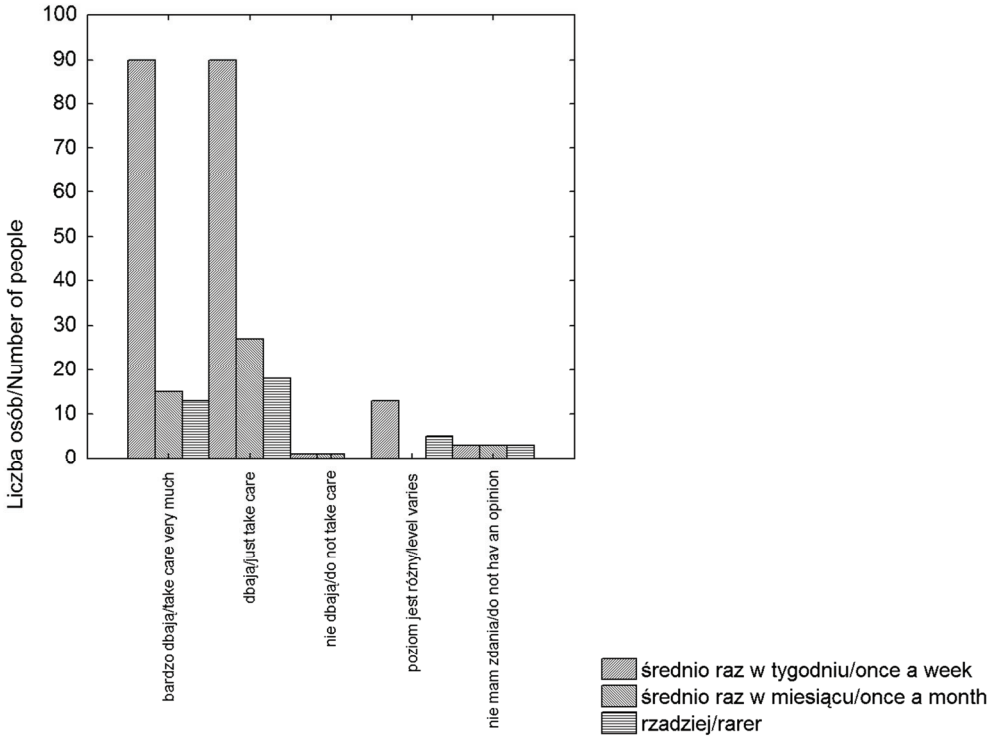


Rys. 12. Zależność pomiędzy częstotliwością korzystania z barów bistro a postrzeganiem poziomu jakości oferowanych produktów przez klientów

Fig. 12. The dependence between the frequency of eating in bistro bars and the perception of quality of food products by the customers.

Źródło: badania własne / Source: own research.

Na rys. 13. przedstawiono zależność pomiędzy częstotliwością korzystania z barów bistro przez klientów a ich opinią na temat dbania o higienę przygotowywania, serwowania potraw oraz czystości pomieszczeń. Badanie wykazało, że osoby które uważają, że pracownicy „bardzo dbają" o higienę przygotowywania, serwowania potraw oraz czystość pomieszczeń częściej korzystają z bistro (przynajmniej raz w tygodniu) niż klienci, którzy oceniają bary bistro niżej. Odsetek klientów oceniających wysoko wynosi 77 %, przy 67 % klientów, którzy również często korzystają z bistro, ale oceniają dbanie o higienę niżej. W wyniku weryfikacji testem niezależności chi-kwadrat stwierdzono, że występują statystycznie istotne różnice w częstości odpowiedzi ze względu na ocenę respondentów w odniesieniu do dbania o higienę przygotowywania, serwowania potraw oraz czystości pomieszczeń.



Rys. 13. Zależność pomiędzy częstotliwością korzystania z barów bistro a opinią klientów na temat dbania o higienę przygotowywania, serwowania potraw oraz czystości pomieszczeń.

Fig. 13. The dependence between the frequency of eating in bistro bars and the customers opinion on the taking care about hygiene at preparing and serving meals in bistro bars as well as the cleanliness of the facilities.

Źródło: badania własne / Source: own research.

Klienci zostali również zapytani, czy w skorzystają w przyszłości po raz kolejny z barów bistro, a także czy zarekomendują produkty tam sprzedawane znajomym. W obu przypadkach wskaźnik odpowiedzi twierdzących wynosił ponad 99 %, co jest znakomitym wynikiem, jaki może osiągnąć przedsiębiorstwo w opinii konsumentów. Potwierdza to fakt, że mimo pojawiania się w niektórych odpowiedziach niższych ocen, ogólne postrzeganie badanej sieci barów bistro przez konsumentów jest bardzo dobre i konsumenci odnoszą bardzo dobre wrażenie z pobytu i spożywania posiłku w badanych barach.

Wnioski

1. Ponad 87 % ankietowanych jest zadowolonych z poziomu jakości produktów spożywczych oferowanych w badanej sieci barów bistro.

2. Blisko 90 % ankietowanych wysoko ocenia dbałość o higienę przygotowywania i serwowania potraw oraz czystość pomieszczeń. Równocześnie klienci z wykształceniem wyższym i pomaturalnym wykazują wyższy poziom wrażliwości w tym zakresie.
3. Im klienci rzadziej korzystają z barów bistro wybranej sieci stacji benzynowych, tym postrzeganie jakości oferowanych produktów w odniesieniu do konkurencji oceniają częściej na poziomie porównywalnym do konkurencji.
4. Osoby które uważają, że pracownicy „bardzo dbają" o higienę przygotowywania, serwowania potraw oraz czystość pomieszczeń częściej korzystają z bistro (przynajmniej raz w tygodniu) niż klienci, którzy oceniają bary bistro niżej.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008 – 2010 jako projekt badawczy nr N N112 054034.

Literatura

[1] Babicz-Zielińska E.: Czynniki wpływające na wybór żywności. Konsument żywności i jego zachowania rynkowe. Ogólnopol. Konf. Nauk., Warszawa, SGGW, 12-13. 10. 2000, ss. 245-253.
[2] Babicz-Zielińska E.: Zachowanie konsumenta w stosunku do żywności i żywienia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2001, **4 (29) Supl**., 5-13.
[3] Czarniecka-Skubina E.: Jakość usługi gastronomicznej w aspekcie żywieniowym, technologicznym i higienicznym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **1(46) Supl**., 24-34.
[4] Jeznach M.: Jakość jako kryterium wyborów konsumenckich na rynku żywności. Decyzje konsumentów i ich determinanty. Wyd. UWM, Olsztyn 2003, s. 20.
[5] Kijowski J., Sikora T. (red.): Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem żywności. Integracja i informatyzacja systemów. WNT, Warszawa 2003.
[6] Kołożyn-Krajewska D., Sikora T.: Zarządzanie bezpieczeństwem żywności. Teoria i praktyka. Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2010.
[7] Kot S.M., Jakubowski J., Sokołowski A., Statystyka, Diffin, Warszawa 2007.
[8] Luning P.A., Marcelis W.J., Jongen W.M.F.: Zarządzanie jakością żywności. Ujęcie technologiczno-menedżerskie. WNT, Warszawa 2005.
[9] Nieżurawska M.: Jakość żywności a preferencje konsumentów. Przem. Spoż., 2001, **12 (55)**, 32-33.
[10] Nowicki P.: Poziom zapewnienia jakości świadczonych usług przez sieć barów bistro w opinii klientów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, **2 (63),** 154-166.
[11] Nowicki P., Sikora T., Customer satisfaction of food quality and safety based on the example of bistro bars in Poland, Proceedings of the 5th International Quality Conference, Center for quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac, Serbia, 20. 05. 2011, page 619-624.
[12] Nowicki P., Sikora T., HACCP system functioning evaluation model based on bistro bars in Poland In: Safety in Food Production Chain Eds. G Krasnowska, A.M. Salejda, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 2011, ss. 69-80.

BISTRO BARS CUSTOMERS OPINION ON HYGIENE AND QUALITY OF OFFERED FOOD PRODUCTS

S u m m a r y

The objective of the survey was to find what the customers of bistro bars knew about the food production hygiene. The survey results obtained reflected the level of customer knowledge in this field; they constituted an attempt to find whether or not the socio-demographic factors were significantly important for the perception of this issue. The survey covered bistro bars in one petrol station network selected in the 9 previously chosen provinces of Poland. The survey was conducted in 2008 and consisted in anonymously polling 282 customers using questionnaires. The survey results showed that the average customer was aware of the importance of food production hygiene and, also, was critical when giving his opinion on both the quality of food products and the quality level of services in bistro bars of the selected petrol station network.

The study shows that clients with higher and post-secondary education level show a higher sensitivity than the others in relation to taking care at preparing and serving meals in bistro bars, and have the greatest reservations about the appearance of hygienic products that are offered.

Key words: food production hygiene, customer awareness, bistro bars, petrol station

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 215 – 216

HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA

INTERAKCJE SKŁADNIKÓW ŻYWNOŚCI

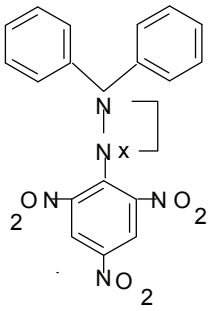
Prezentujemy 8. część cyklu nt.: „Interakcje składników żywności". Druk materiałów z tego cyklu rozpoczęliśmy w Żywności nr 1 (74), 2011.

Pytanie: Jaka jest trwałość (wolnych) rodników?

Rodniki w reakcjach chemicznych odznaczają się (z nielicznymi wyjątkami) wielką reaktywnością chemiczną. Obecność niesparowanego elektronu umożliwia rodnikom bezpośrednie łączenie się z innymi rodnikami, przy czym reakcja ta nie wymaga zerwania ani nawet wydatniejszego osłabienia już istniejących wiązań w reagujących rodnikach. Ta reaktywność wolnych rodników i jednocześnie ich znikoma trwałość związana jest z tym, że układ atomów i elektronów w pewnym położeniu jąder atomowych ma energię niższą niż jego energia po jakiejkolwiek deformacji. Najprostszym rodnikiem jest pojedynczy atom wodoru, który składa się z protonu i jednego niesparowanego elektronu. Średni czas życia rodnika wodorowego w gazowym wodorze w temperaturze pokojowej to ok. 2,5 ns. Oznacza to, że statystycznie tyle czasu mija od powstania tego rodnika do jego związania z drugim rodnikiem i powstania cząsteczki wodoru H_2. Najbardziej niebezpieczny rodnik hydroksylowy [$HO^{\cdot}$], powstający w organizmie człowieka między innymi podczas wzmożonego wysiłku, odłącza wodór od związku z najbliższego otoczenia w ciągu tysięcznej części sekundy. Te dwa przykłady dowodzą, że trwałość życia rodników jest różna i zależy od różnych czynników i ich struktury. Przykładem rodnika o dużej trwałości jest difenylopikrylohydrazyl, który w ogóle nie rekombinuje i dlatego jest wykorzystywany w analizie właściwości przeciwutleniających związków chemicznych (rys. 1).

Drugim przykładem rodnika o dużej trwałości jest rodnik trifenylometylowy (rys. 2). Ważnym czynnikiem wpływającym na jego trwałość jest zdolność do delokalizacji niesparowanego elektronu, oznaczonego kropką przy atomie węgla związanego z trzema grupami arylowymi. Ta delokalizacja elektronu w porównaniu z większością

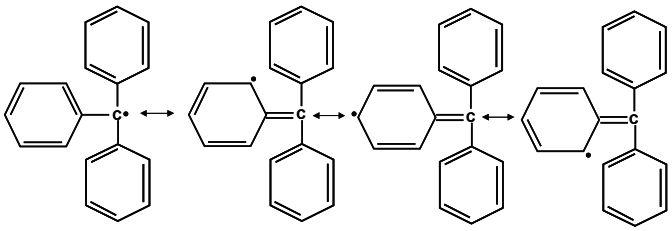
Prof. dr hab. H. Kostyra, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, Oddział Nauki o Żywności, 10-747 Olsztyn, ul. Tuwima 10, prof. dr hab. E. Kostyra, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, 10-957 Olsztyn, ul. Oczapowskiego 7



x — niesparowany elektron

Difenylopikrylohydrazyl - DPPH

Rys. 1. Wzór strukturalny difenylopikrylohydrazylu (DPPH)



Rys. 2. Struktury rezonansowe rodnika trifenylometylowego.

innych rodników powoduje dużą stabilizację rezonansową, co przedstawiają struktury tego rodnika (rys. 2). Rodnik ten jest na tyle trwały, że można było go wyodrębnić i ustalić jego budowę. Zróżnicowanie trwałości rodników wywołuje pytanie o możliwość ich stabilizacji w określonych warunkach środowiska. I tak, w fazie gazowej pewną przeszkodą zmniejszającą szybkość rekombinacji rodników może być trudność z odprowadzeniem energii wyzwalanej z tej reakcji. Jeżeli energia ta zostanie nagromadzona w nowo otworzonej cząsteczce, to może wystąpić wtórna jej dysocjacja. W fazie ciekłej cząsteczki są niemal w ciągłym kontakcie i wówczas nadmiar energii może być łatwo oddany, co sprzyja rekombinacji rodników. Reakcję rekombinacji rodników można zahamować, unieruchamiając je np. w ciele stałym, w sposób uniemożliwiający im poruszanie się. Rodniki wyróżniają się również tym, że w zależności od innych reagentów mogą pełnić rolę reduktorów lub utleniaczy. Jest to związane z faktem, że dążą one do przyłączenia elektronu, który może wytworzyć parę elektronową z ich niesparowanym elektronem lub do oddania swego niesparowanego elektronu. Mówiąc o utleniaczach i reduktorach warto bliżej przyjrzeć się procesowi utleniania związków organicznych za pomocą tlenu, co będzie tematem kolejnego odcinka.

*Opracowanie graficzne: mgr Mirosław Obrębski

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 217 – 220

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOŚCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 29 lutego 2012 r.

Polskie akty prawne

1. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 15 grudnia 2011 r. w sprawie sposobu i form współdziałania okręgowych inspektorów rybołówstwa morskiego oraz Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych przy dokonywaniu kontroli produktów rybnych (Dz. U. 2012 r. Nr 0, poz. 2).
   W rozporządzeniu został określony sposób i formy współdziałania okręgowych inspektorów rybołówstwa morskiego i Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych przy dokonywaniu kontroli produktów rybnych, w tym przekazywania informacji o uchybieniach dotyczących produktów rybnych.
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 16 grudnia 2011 r. w sprawie sposobu ustalania i umieszczania numeru identyfikacyjnego partii wina z określonego rocznika lub wina z określonej odmiany winorośli (Dz. U. 2012 r. Nr 0, poz. 4).
   Rozporządzenie określa szczegółowy sposób ustalania i umieszczania numeru identyfikacyjnego partii wina z określonego rocznika lub wina z określonej odmiany winorośli.
3. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 29 grudnia 2011 r. w sprawie wzoru świadectwa jakości potwierdzającego zgodność procesu wyrabiania wyrobu winiarskiego ze specyfikacją (Dz. U. 2012 r. Nr 0, poz. 25).

Dr G. Morkis, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB w Warszawie, ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warszawa

Określono wzory świadectwa jakości potwierdzającego zgodność procesu wyrabiania wyrobu winiarskiego ze specyfikacją posiadającego nazwę pochodzenia i chronione oznaczenie geograficzne.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 16/2012 z dn. 11 stycznia 2012 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących żywności mrożonej pochodzenia zwierzęcego przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 8, s. 29).
   Wprowadzono zmiany w załączniku II do rozporządzenie (WE) nr 853/2004 dotyczące wymogów mających zastosowanie do żywności mrożonej pochodzenia zwierzęcego. Niniejsze rozporządzenie wiąże w całości i jest bezpośrednio stosowane we wszystkich państwach członkowskich, stosuje się je od dn. 1 lipca 2012 r.
2. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 22/2012 z dn. 11 stycznia 2012 r. rejestrujące w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwę [Fasola Wrzawska (CHNP)] (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 9, s. 3).
   Na wniosek Polski została zarejestrowana w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwa „Fasola Wrzawska" i umieszczona w rejestrze: Klasa 1.6. Owoce, warzywa i zboża świeże lub przetworzone. POLSKA. Fasola Wrzawska (CHNP).
   Niniejsze rozporządzenie wiąże w całości i jest bezpośrednio stosowane we wszystkich państwach członkowskich.
3. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 75/2012 z dn. 30 stycznia 2012 r. rejestrujące w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwę [„Miód z Sejneńszczyzny / Łoździejszczyzny" / „Seinų / Lazdijųkraštomedus" (CHNP)] (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 29, s. 3).
   Na wniosek Polski i Litwy została zarejestrowana w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwa "Miód z Sejneńszczyzny / Łoździejszczyzny" / "Seinų / Lazdijųkraštomedus" i umieszczona w rejestrze: Klasa 1.4. Inne produkty pochodzenia zwierzęcego (jaja, miód, różne przetwory mleczne z wyjątkiem masła itp.).POLSKA. Miód z Sejneńszczyzny/Łoździejszczyzny (CHNP). LITWA Seinų /Lazdijųkraštomedus (CHNP).
   Niniejsze rozporządzenie wiąże w całości i jest bezpośrednio stosowane we wszystkich państwach członkowskich.

4. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 29/2012 z dn. 13 stycznia 2012 r. w sprawie norm handlowych w odniesieniu do oliwy z oliwek (tekst jednolity) (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 12, s. 14).
   Rozporządzenie ustanawia szczegółowe normy handlowe dotyczące handlu detalicznego oliwą z oliwek oraz oliwą z wytłoczyn oliwek. Pod terminem „handel detaliczny" należy rozumieć sprzedaż ostatecznemu konsumentowi oliwy oferowanej w stanie naturalnym lub zawartej w środkach spożywczych. Normy dotyczą przede wszystkim maksymalnej pojemności opakowania oliwy i systemu zamknięcia.
5. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 84/2012 z dn. 1 lutego 2012 r. zmieniające, w odniesieniu do substancji fenoksymetylopenicylina, załącznik do rozporządzenia (UE) nr 37/2010 w sprawie substancji farmakologicznie czynnych i ich klasyfikacji w odniesieniu do maksymalnych limitów pozostałości w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 30, s. 1).
   Zostały ustalone nowe maksymalne limity pozostałości farmakologicznej substancji fenoksymetylopenicylina w produktach spożywczych, do produkcji których wykorzystano surowiec pochodzący ze świń i drobiu.
   Rozporządzenie stosuje się od dn. 2 kwietnia 2012 r. i wiąże w całości i powinno być stosowane we wszystkich państwach członkowskich.
6. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji(UE) NR 85/2012 z dn. 1 lutego 2012 r. zmieniające, w odniesieniu do substancji altrenogest, załącznik do rozporządzenia (UE) nr 37/2010 w sprawie substancji farmakologicznie czynnych i ich klasyfikacji w odniesieniu do maksymalnych limitów pozostałości w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 30, s. 40).
   Obowiązują nowe maksymalne limity pozostałości farmakologicznej substancji altrenogest w produktach spożywczych, do produkcji których wykorzystano surowiec pochodzący ze świń i koniowatych.
   Rozporządzenie stosuje się od dn. 2 kwietnia 2012 r. i wiąże w całości i powinno być stosowane we wszystkich państwach członkowskich.
7. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 86/2012 z dn. 1 lutego 2012 r. zmieniające, w odniesieniu do substancji lasalocid, załącznik do rozporządzenia (UE) nr 37/2010 w sprawie substancji farmakologicznie czynnych i ich klasyfikacji w odniesieniu do maksymalnych limitów pozostałości w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 30, s. 6).

Zostały ustalone nowe maksymalne limity pozostałości farmakologicznej substancji lasalocid w produktach spożywczych, do produkcji których wykorzystano surowiec pochodzący z drobiu i bydła.

Rozporządzenie stosuje się od dn. 2 kwietnia 2012 r. i wiąże w całości i powinno być stosowane we wszystkich państwach członkowskich.

8. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 107/2012 z dn. 8 lutego 2012 r. zmieniające, w odniesieniu do substancji dichlorowodorekoktenidyny, załącznik do rozporządzenia (UE) nr 37/2010 w sprawie substancji farmakologicznie czynnych i ich klasyfikacji w odniesieniu do maksymalnych limitów pozostałości w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 36, s. 25).

   Ustalono nowe maksymalne limity pozostałości farmakologicznej substancji dichlorowodorekoktenidyny w produktach spożywczych, do produkcji których wykorzystano surowiec pochodzący z ssaków.

   Rozporządzenie wiąże w całości i powinno być stosowane we wszystkich państwach członkowskich.

9. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 122/2012 z dn. 13 lutego 2012 r. zmieniające, w odniesieniu do substancji metyloprednizolon, załącznik do rozporządzenia (UE) nr 37/2010 w sprawie substancji farmakologicznie czynnych i ich klasyfikacji w odniesieniu do maksymalnych limitów pozostałości w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 40, s. 2).

   Ustalono nowe maksymalne limity pozostałości farmakologicznej substancji metyloprednizolon, w produktach spożywczych, do produkcji których wykorzystano surowiec pochodzący z bydła.

   Rozporządzenie wiąże w całości i powinno być stosowane we wszystkich państwach członkowskich.

10. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 123/2012 z dn. 13 lutego 2012 r. zmieniające, w odniesieniu do substancji monepantel, załącznik do rozporządzenia (UE) nr 37/2010 w sprawie substancji farmakologicznie czynnych i ich klasyfikacji w odniesieniu do maksymalnych limitów pozostałości w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2012 r. Nr 40, s. 4).

    Zostały ustalone nowe maksymalne limity pozostałości farmakologicznej substancji monepantel w produktach spożywczych, do produkcji których wykorzystano surowiec pochodzący z kóz i owiec.

    Rozporządzenie wiąże w całości i powinno być stosowane we wszystkich państwach członkowskich.

NOWE KSIĄŻKI

Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods
[Nowatorskie termiczne i nietermiczne technologie płynnej żywności]
Cullen P. J., Tiwari B. K., Valdramidis V. (Ed.)
Wydawnictwo Elsevier, 2012, ISBN 978-0-12-381470-8, stron 542, cena 114,95 €
Zamówienia: www.elsevierdirect.com

Przetwarzanie żywności wpływa na właściwości fizyczne lub biochemiczne żywności. Ponadto oddziałuje na bezpieczeństwo i trwałość produktu. W książce dokonano przeglądu innowacyjnych technologii termicznych w odniesieniu do żywności płynnej (ze względu na wysoką biodostępność zawartych w niej makro- i mikroskładników). Omówiono ogrzewanie: oporowe, mikrofalowe i za pomocą podczerwieni. Spośród technologii nietermicznych uwzględniono metody: pulsacyjnego pola elektrycznego, wysokiego ciśnienia, ultradźwiękowe, napromieniowania, ozonowania, gęstej fazy gazowej dwutlenku węgla, ultrafioletu i światła pulsacyjnego. Zarówno technologie termiczne, jak i nietermiczne muszą spełniać wymagania bezpieczeństwa, przedłużać trwałość produktów żywnościowych oraz minimalizować negatywny wpływ na jakościowe cechy żywności.
Książka dostarcza informacji na temat właściwości płynów oraz mikrobiologicznej i jakościowej dynamiki płynnej żywności. W podręczniku zamieszczono również informacje z zakresu metod umożliwiających matematyczną ocenę każdej techniki, będących odpowiedzią na globalne wymogi normatywne z zakresu płynnej żywności. Autorzy przedstawili również zalecenia odnoszące się do różnych zagadnień związanych z bezpieczeństwem.
Książka jest przeznaczona dla studentów kierunków: technologia żywności, żywienia człowieka, dietetyka, biotechnologia, towaroznawstwo i in. Mogą z niej korzystać także osoby, które naukowo zajmują się analizą żywności oraz praktycy branży spożywczej.

Food and Beverage Stability and Shelf Life
[Żywność i napoje - stabilność i okres trwałości]
Kilkast K. (Ed.)
Wydawnictwo Woodhead Publishing, 2011, ISBN 978-1-84-569701-3, stron 864, cena £190.00
Zamówienia: www.cplbookshop.com

Zapewnienie, że żywność i napoje pozostaną niezmienione w wymaganym okresie trwałości ma istotne znaczenie dla zapewnienia sukcesu firmy na rynku. Książka stanowi obszerny przewodnik, w którym przedstawiono czynniki wpływające na stabilność oraz metody oceny stabilności i trwałości produktów. W części pierwszej podręcznika opisano procesy, wpływające na obniżenie jakości żywności i napojów, w tym psucie mikrobiologiczne i niestabilność fizyczną. W części drugiej przedstawiono metody oceny stabilności i trwałości produktów, włączając w to próby przechowywania żywności, badania przyspieszone i modelowanie okresu trwałości. Natomiast część trzecia podręcznika została poświęcona stabilności i trwałości wybranych produktów, takich jak: piwo, wino, soki owocowe i napoje, kawa, owoce i warzywa, chleb i wyroby piekarnicze, tłuszcze stałe i płynne, wyroby cukiernicze, czekolada, żywność fortyfikowana, mleko i produkty mleczarskie, mięso i drób oraz owoce morza.
Książka może stanowić cenną pomoc dla osób, które zawodowo zajmują się zapewnieniem jakości i rozwojem produktów oraz naukowców zainteresowanych kwestiami stabilności żywności i napojów.

Innowacyjność gospodarki mięsnej w Polsce
Tyszkiewicz S., Witkowska H. (red.)
Dom Wydawniczy ELIPSA, Zarząd Główny SITSpoż. NOT, Warszawa 2011, ISBN 978-83-7151-062-5, stron 251
Zamówienia: www.elipsa.pl

Monografia jest ostatnim dziełem wydawniczym Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego w Warszawie. Zawiera 13 autorskich opracowań na temat aktualnego stanu wiedzy i techniki przydatnej w gospodarce mięsnej i stopniu jej wykorzystania w praktyce, z uwzględnieniem żywności pochodzenia zwierzęcego przeznaczonej na rynek krajowy i eksport. Opracowania te były prezentowane podczas Krajowego Kongresu Nauki o Mięsie i Technologii, który odbył się 8 maja 2008 r. w Warszawie, w czasie trwania XXIX Dni Przemysłu Mięsnego.
Książka przeznaczona jest dla pracowników naukowych oraz studentów: towaroznawstwa, technologii żywności, żywienia człowieka, dietetyki, bezpieczeństwa żywności.

Towaroznawstwo żywności pochodzenia roślinnego
Flaczyk E., Górecka D., Korczak J. (red.)
Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2011, ISBN 83-7160-644-1, stron 398, cena 39,20 zł
Zamówienia: www.politechnik.poznan.pl

Podręcznik zawiera wiedzę z zakresu surowców i przetworów pochodzenia roślinnego oraz zasad opracowywania nowych produktów spożywczych. Szczególną uwagę autorzy zwrócili na wymagania dotyczące jakości tych produktów oraz na ich wartość odżywczą, dietetyczną i bioaktywną. Podręcznik składa się z 14 rozdziałów, w których zamieszczono opis procesów technologicznych oraz charakterystykę towaroznawczą następujących grup surowców i przetworów: mąka, kasze, ryż, makarony, pieczywo, owoce, warzywa krajowe oraz ich przetwory, nasiona roślin strączkowych, owoce południowe, orzechy, cukier, miód i produkty pszczelarskie, wyroby cukiernicze, napoje bezalkoholowe, herbata, kawa, napoje spirytusowe, wina i piwo. W książce opisano również działania związane z wprowadzaniem na rynek nowego produktu spożywczego.
Książka jest przeznaczona dla studentów technologii żywności, żywienia człowieka, dietetyki, towaroznawstwa, zarządzania jakością żywności i ekonomiki gospodarki żywnościowej. Może być także przydatna producentom żywności oraz osobom zajmującym się zarówno dystrybucją, jak i kontrolą jakości artykułów spożywczych.

Opracowała: *Anna Florek-Paszkowska*

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 2 (81), 224 – 230

TWÓRCY POLSKIEJ NAUKI O ŻYWNOŚCI
POLSCY UCZENI W OKRESIE ZABORÓW I POLSKI ODRODZONEJ

W XIX w. rozwój polskiej nauki o żywności polegał głównie na wprowadzaniu jej elementów do nauczania zawodowego średnich i wyższych szkół rolniczych w zaborach: rosyjskim i austriackim. Dopiero pod koniec tego okresu, wraz z rozwojem gorzelnictwa w większych własnościach rolnych, zaczęły powstawać we Lwowie, Krakowie i Warszawie polskie laboratoria kontrolno-badawcze, które współpracowały ze szkołami wyższymi. Jakkolwiek trudno przyjąć gorzelnictwo jako producenta żywności, to jednak laboratoria tego przemysłu ukształtowały na przełomie XIX i XX w. kadrę i kierunki badawcze z zakresu mikrobiologii i procesów fermentacyjnych. Tę publikację poświęcamy sylwetkom ich twórców.

Należy jednak nadmienić, że szczególnie od połowy XIX w., z udziałem dużego kapitału, obcych technologii i kadry państw zaborczych, rozwijały się na terenach polskich inne dziedziny przemysłu żywnościowego, jak: cukrownictwo, które utworzyło w 1899 r. Centralne Laboratorium Cukrownicze, browarnictwo i krochmalnictwo. Wielu obcych przemysłowców później się spolonizowało, jak np.: E. Wedel (czekolada), Haberbusch i Chiele (piwo) i in.

Tadeusz Chrząszcz (1877 – 1943)

Prof. Tadeusz Chrząszcz ur. 6 III 1877 r. w Krakowie. Studia wyższe w zakresie przemysłów rolnych odbył na kursach w Kopenhadze, Freisingu i Gelsenheim, a w 1917 r. uzyskał tytuł inżyniera w Akademii w Berlinie. Pracę zawodową na stanowisku asystenta rozpoczął już w 1898 r. w Wyższej Szkole Przemysłowej w Krakowie. W 1905 r. został powołany, z tytułem profesora, na stanowisko kierownika Krajowej Szkoły Gorzelniczej i Stacji Fermentacyjnej w Dublanach k. Lwowa. Jego prace badawcze koncentrowały się głównie na gorzelnictwie, a w szczególności na czynnikach hamujących i stymulujących aktywność amylaz ziarna zbóż i słodu.

Z chwilą utworzenia Uniwersytetu w Poznaniu, w 1919 r., powierzono mu organizację Katedry Technologii Rolnej i jej kierownictwo. I tu kontynuował badania

w zakresie gorzelnictwa, a w szczególności nad amylolitycznym rozkładem skrobi. Do jego prac o szczególnym znaczeniu zalicza się badania nad tworzeniem skrobi przez pleśnie z rodzaju *Penicillium* oraz nad czynnikami hamującymi aktywność amylazy (*sisto-amylaza*) i stymulujące jej działanie (*eleuto-amylaza*). Swoje prace (około 70 pozycji) opublikował głównie w naukowych czasopismach obcojęzycznych. Był też autorem 6 podręczników z zakresu: gorzelnictwa, krochmalnictwa, słodownictwa i suszarnictwa.

Działalność naukowa prof. T. Chrząszcza znajdowała uznanie za granicą. Był członkiem Międzynarodowej Komisji ds. Analizy i Oceny Słodu Browarniczego, powołano go na współredaktora „Biochemische Zeitschrift" oraz został wybrany członkiem Czechosłowackiej Akademii Rolnictwa.

Prof. Chrząszcz współpracował także z przemysłem, szczególnie blisko z gorzelnictwem praktycznym, jak i jego organizacjami. Należy tu wymienić zorganizowanie w 1917 r. Krajowego Inspektoratu Gorzelnictwa we Lwowie i kierowanie nim oraz utworzenie w latach 20. XX w. Naukowego Ośrodka Organizacji Gorzelnictwa, którego był przewodniczącym ogólnopolskiego zarządu. Był również współredaktorem czasopisma „Gorzelnik". W uznaniu działalności naukowej i społecznej jego nazwiskiem nazwano Muzeum Gorzelnicze w Turwii k. Kościana Wielkopolskiego.

Swoje działania poszerzał też o zainteresowanie kształtującym się przemysłem mięsnym i owocowo-warzywnym, będąc współzałożycielem Zakładów Owocowo-Warzywnych w Pudliszkach. Działalność tę przerwała w 1939 r. likwidacja Uniwersytetu Poznańskiego przez okupanta i wysiedlenie do Generalnej Guberni.

Po wysiedleniu prof. T. Chrząszcz zamieszkał w Warszawie i wziął czynny udział w organizacji Uniwersytetu Ziem Zachodnich, który utworzono w 1940 r. przy tajnym SGGW. Na nim w 1942 r. został powołany Wydział Rolniczy i Leśny, którego był organizatorem, dziekanem i profesorem aż do tragicznej śmierci.

W życiu codziennym prof. T. Chrząszcza cechowała sumienność i rzeczowość, a zarazem życzliwość dla każdego człowieka. Poza głównym obszarem działalności naukowej miał również szerokie zainteresowania praktyczne. Był uznanym „kiperem" (rzeczoznawcą win i napojów) oraz znakomitym znawcą herbaty, a w czasie okupacji współpracował z palarnią kawy „Pluto" w Warszawie.

Aktywność i patriotyzm prof. Chrząszcza znalazły swój tragiczny wyraz podczas okupacji. Brał czynny udział w działalności podziemia i aby nie ujawnić swojej wiedzy o organizacji i ludziach w nim działających w momencie aresztowania przez Gestapo (12.11.1943 r.) zażył silne substancje trujące i zmarł. Tak zakończył życie wybitny naukowiec, działacz społeczny i patriota.

Jego wybitnymi uczniami byli prof. prof. Józef Janicki i Damazy J. Tilgner.

Antoni Rutkowski

Wacław Dąbrowski (1879 – 1962)

W 1899 roku ukończył gimnazjum filologiczne w Radomiu i rozpoczął studia na Oddziale Nauk Przyrodniczych Wydziału Fizyczno-Matematycznego Uniwersytetu Warszawskiego. W roku 1903 został przez władze carskie usunięty z uczelni za udział w manifestacji patriotycznej. Dyplom ukończenia studiów pierwszego stopnia uzyskał w 1907 roku po złożeniu egzaminu przed Państwową Komisją Uniwersytetu Noworosyjskiego w Odessie.

W latach 1908 – 1910, jako stypendysta Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie, odbył studia specjalistyczne w dziedzinie mikrobiologii technicznej i rolnej w Instytucie Przemysłu Fermentacyjnego w Berlinie, a następnie w Laboratorium Carlsberga na Politechnice w Kopenhadze i na Uniwersytecie w Getyndze. W tym czasie zapoznał się także z placówkami naukowymi z dziedziny swoich zainteresowań w Wiedniu, Monachium, Lipsku, Halle, Kilonii i Brukseli.

Stopień doktora filozofii uzyskał w 1910 roku na Wydziale Filozoficznym Uniwersytetu w Getyndze na podstawie rozprawy pt.: „Die Hefen in Milch und Milchprodukten".

Po powrocie do kraju w 1910 roku podjął pracę w Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie, w którym zorganizował pracownię przemysłu fermentacyjnego i bakteriologii rolnej, przekształconą w 1911 roku w Instytut, którym kierował przez 32 lata. W 1911 roku podjął wykłady z mikrobiologii i przemysłu rolnego na kursach przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa. Wykłady te kontynuował w roku 1916 po przekształceniu kursów w Wyższą Szkołę Rolniczą. W 1918 roku został mianowany profesorem nadzwyczajnym w SGGW i kierownikiem powołanego w tym czasie Zakładu Mikrobiologii i Przemysłu Rolnego, którym kierował do roku 1960. W 1919 roku otrzymał tytuł profesora zwyczajnego. Zakład ten był pionierskim ośrodkiem reprezentującym przetwórstwo żywności w wyższej uczelni rolniczej.

Działalność zawodowa prof. Wacława Dąbrowskiego koncentrowała się wokół zagadnień mikrobiologii technicznej i przemysłu rolnego. W roku 1909 wyodrębnił nowe szczepy drożdży, które otrzymały nazwę *Sacchromyces lactis alfa* (Dombrowski) i *Zygosaccharomycs lactis* (Dombrowski). Z jego inicjatywy w Instytucie Przemysłu Fermentacyjnego i Bakteriologii Rolnej utworzona została kolekcja czystych kultur drobnoustrojów przemysłowych. Wprowadził i upowszechnił w kraju stosowanie czystych kultur bakterii kwasu mlekowego w mleczarstwie i drożdżownictwie. Po podjęciu pracy w SGGW zainteresowania badawcze Profesora i jego zespołu uległy rozszerzeniu na inne branże przemysłu fermentacyjnego i rolnego (spirytusowy, mleczarski, cukrowniczy, a szczególnie ziemniaczany). Tematyka badawcza była ściśle związana z potrzebami ówczesnego przemysłu rolnego i często wdrażana w zakładach przemysłowych.

Szczególne znaczenie przywiązywał do upowszechniania osiągnięć badań naukowych. Był inicjatorem, współzałożycielem i redaktorem działów naukowo-technicznych czasopism jak: Przemysł Gorzelniczy (1912 – 1914), Przemysł Rolny (1924 – 1932) i od 1935 redaktorem naczelnym, „Prace i Sprawozdania" Zakładu Mikrobiologii i Przemysłu Rolnego SGGW i Instytutu Przemysłu Fermentacyjnego i Bakteriologii Rolnej Muzeum Przemysłu i Rolnictwa.

Działalność badawcza Profesora była ściśle związana z działalnością dydaktyczną na uczelni, jak również na różnego rodzaju kursach dokształcających (gorzelnicze, mleczarskie i ziemniaczane). W jego pracowniach wyrośli wybitni profesorowie, m.in.: Eugeniusz Pijanowski, Jadwiga Supińska-Jakubowska, Tadeusz Matuszewski, Halina Karnicka, Stanisław Bujak, Roman Majchrzak i Tadeusz Gołębiewski.

W zakresie organizacji nauki był rektorem SGGW (1922 – 1923) i pięciokrotnie dziekanem Wydziałów Rolnego i Ogrodniczego. Ponadto był delegatem do Państwowej Rady Spirytusowej i Międzynarodowego Związku Mleczarskiego oraz Przewodniczącym Komitetu Państwowego Oceny Masła i Serów w Polsce, członkiem Komitetu Naukowo-Technicznego Międzynarodowego Instytutu Rolnego w Rzymie. Był również członkiem AU PAU w Krakowie, Towarzystwa Naukowego Warszawskiego w Warszawie.

W okresie okupacji niemieckiej w wyniku jego starań został utworzony Oddział Instytutu Rolnego w Puławach, zlokalizowany w gmachu SGGW, w skład którego weszły niektóre jednostki uczelniane, co umożliwiało zatrudnianie pracowników, działalność badawczą i realizację tajnego nauczania.

Był wyróżniony między innymi Krzyżem Komandorskim OOP (1928), Orderem Sztandar Pracy II Klasy (1954).

Wybitna działalność zawodowa prof. Wacława Dąbrowskiego przyczyniła się do rozwoju przemysłów fermentacyjnych i technologii rolno-spożywczej w Polsce oraz fundamentów naukowych mikrobiologii rolnej i technicznej. Wysokie kwalifikacje oraz przymioty osobiste, jak zamiłowanie do pracy naukowej i dydaktycznej, wybitne zdolności organizacyjne i kultura osobista stanowiły fundament jego sukcesów.

Adolf Horubała

Prof. dr hab. Adolf Joszt (1889 - 1957)

Adolf Joszt urodził się we Lwowie 17 marca 1889 r. W 1907 r. ukończył IV Gimnazjum i rozpoczął studia na Wydziale Chemii Technicznej Szkoły Politechnicznej we Lwowie. W 1911 r. uzyskał dyplom inżyniera chemika, a w 1912 r. podjął pracę w Krajowej Szkole Gorzelniczej w Dublanach, kierowanej przez prof. Tadeusza Chrząszcza, na stanowisku asystenta i wykładowcy technologii rolniczej, mleczarstwa

i bakteriologii rolnej. Pierwsza praca naukowa Adolfa Joszta (1917), opublikowana wspólnie z Tadeuszem Chrząszczem, dotyczyła wpływu różnych substancji na aktywność enzymów amylolitycznych. W 1913 r. Adolf Joszt uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Chemicznym Szkoły Politechnicznej na podstawie pracy doktorskiej pt.: „Rozpuszczalność antrachinonu w mieszaninach niektórych rozpuszczalników organicznych". Od 1914 r. pracował w Akademii Rolniczej w Dublanach, początkowo jako asystent w stacji botaniczno-rolniczej, a w latach 1915-1919 r. jako adiunkt w stacji chemiczno-rolniczej.

W listopadzie 1919 r. Akademia Rolnicza w Dublanach, wraz z Wyższą Szkołą Lasową we Lwowie, weszła w skład Politechniki Lwowskiej, jako Wydział Rolniczo-Leśny (od 1924 r. Wydział Rolniczo-Lasowy), a Adolf Joszt został powołany na kierownika Katedry Technologii Rolniczej powstałej z Krajowej Szkoły Gorzelniczej. Odbudował i uruchomił należącą do Katedry gorzelnię doświadczalną. W 1920 r. habilitował się z technologii chemicznej w rolnictwie na podstawie pracy o amylokoagulazie – enzymie, który według ówczesnych poglądów miał wytrącać skrobię z roztworu wodnego. Wyniki tych badań były cytowane w szeregu podręczników na temat enzymów. Również dalsze badania docenta Adolfa Joszta dotyczyły amylaz, m.in. z soku ziemniaka i ze słodu. Prowadził też prace nad skrobią i jej przemianami pod wpływem amylaz, a także nad fermentacją alkoholową. W kierowanej przez niego Katedrze Technologii Rolniczej wykonywano analizy surowców i półproduktów przemysłu gorzelniczego oraz prowadzono hodowlę bakterii kwasu mlekowego i drożdży dla gorzelni rolniczych. W 1923 r. Adolf Joszt został mianowany profesorem nadzwyczajnym technologii rolniczej Wydziału Rolniczo-Lasowego. Studentom tego wydziału wykładał: bakteriologię rolniczą, mleczarstwo, technologię rolną (krochmalnictwo i przetwórstwo skrobi, przemysły fermentacyjne, młynarstwo, suszarnictwo, cukrownictwo, olejarstwo i wyrób konserw) oraz techniczne metody analityczne. W roku akademickim 1925/26 pełnił funkcję dziekana, a w roku 1926/27 – prodziekana Wydziału Rolniczo-Lasowego. Równoczesnie pełnił funkcję delegata ogólnego zebrania profesorów do nadzoru nad całością majątku Dublan zarówno katedr i zakładów doświadczalnych, jak i spraw personelu oraz życia studenckiego.

Po śmierci prof. Wiktora Sypniewskiego, w 1927 r., prof. Adolf Joszt został mianowany kierownikiem Katedry Technologii Chemicznej II (przemysłu rolniczego) i Mikrobiologii (technicznej), przemianowanej z Katedry Technologii Chemicznej i Mykologii Technicznej na Wydziale Chemicznym. Prowadził wykłady z przedmiotów: technologia przemysłu rolniczego, urządzania zakładów przemysłu rolniczego oraz mykologia techniczna (mikrobiologia ogólna i przemysłowa). Przedmiot technologia przemysłu rolniczego wykładał również w latach 1928-32 na Wydziale Ogólnym Politechniki Lwowskiej. W latach 1927-1933 wykładał technologię i mikrobiologię gorzelniczą na kursach dla kierowników gorzelni we Lwowie. Kontynuował badania

naukowe na temat fermentacji alkoholowej, w tym nad nowym wówczas zagadnieniem fermentacji ciągłej, a także dotyczące produktów hydrolizy skrobi. Wyniki badań publikował w naukowych czasopismach polskich, a częściowo w zagranicznych (niemieckich). W 1929 r. został mianowany profesorem zwyczajnym, w roku 1931/1932 pełnił funkcję dziekana, a w roku 1932/33 prodziekana Wydziału Chemicznego. W latach 1927-1933 pełnił funkcję kierownika Lwowskiego Oddziału Naukowej Organizacji Gorzelniczej. W latach 1935-39 był redaktorem czasopisma „Przemysł Rolny" oraz współpracownikiem pisma „Acta Microbiologica Polonica". W 1939 r. został wybrany na prezesa Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Był też kuratorem powstałego w 1919 r. „Koła Dublańczyków" Studentów Oddziału Rolniczego Politechniki Lwowskiej, będącego kontynuacją utworzonej w 1865 r. w Dublanach „Bratniej Pomocy Studentów Akademii Rolniczej w Dublanach".

Prof. Adolf Joszt był promotorem prac doktorskich: Józefa Trojana, Stefana Ziemińskiego, Stanisława Molińskiego oraz Henryka Niewiadomskiego i Franciszka Nowotnego. Dwaj ostatni wykonali prace doktorskie dotyczące właściwości skrobi, których wyniki zostały potwierdzone 40 i 50 lat później przez badaczy japońskich. Obaj byli wybitnymi naukowcami i utworzyli własne szkoły naukowe – prof. Franciszek Nowotny skrobiową w Krakowie, a prof. Henryk Niewiadomski technologii tłuszczów w Gdańsku.

Prof. Adolf Joszt został wybrany rektorem Politechniki Lwowskiej na kadencję 1936-39. Również w 1936 r., dekretem Prezydenta RP, Politechnika Lwowska została odznaczona Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski „za działalność naukową i wybitny udział w walce o zjednoczenie Ziem Polskich w latach 1918-1920". Za rektorstwa prof. Joszta rozpoczęto rozbudowę Wydziału Mechanicznego Politechniki, zorganizowano na Politechnice I Kongres Inżynierów i utworzono Legię Akademicką, jako formę szkolenia wojskowego studentów. W 1938 r. prof. Adolf Joszt został odznaczony krzyżem komandorskim Orderu Odrodzenia Polski za zasługi naukowe i działalność organizacyjną na Politechnice Lwowskiej. W tym samym roku ze względów zdrowotnych ustąpił ze stanowiska rektora.

W 1939 r., po wkroczeniu wojsk radzieckich do Lwowa, na skutek szykan nowych władz, prof. Adolf Joszt stracił pracę na Politechnice Lwowskiej. Po zajęciu Lwowa przez Niemców, w 1941 roku, nastąpiło zamknięcie wszystkich uczelni. Prof. Adolf Joszt jesienią tego samego roku zorganizował średnią szkołę chemiczną we Lwowie z polskim językiem wykładowym. Wiosną 1942 r., Niemcy, z braku fachowego personelu na okupowanych terenach, uruchomili „Staatliche Technische Fachkurse Lemberg" (Państwowe Techniczne Kursy Fachowe we Lwowie), prowadzone przez kadrę Politechniki Lwowskiej. Nie miały mieć one charakteru studiów wyższych, a jedynie wykształcić pomocniczy personel zawodowy. Kursy te trwały 3 lata, a w porozumieniu z Okręgową Delegaturą Rządu RP prowadzono je w sposób konspi-

racyjny według przedwojennych programów i miały być one po wyzwoleniu uznane za akademickie. W związku z uruchomieniem „Fachkursów", prof. Adolf Joszt został w maju 1942 r. przywrócony na stanowisko kierownika katedry na Wydziale Chemicznym.

Powtórne wkroczenie Armii Czerwonej do Lwowa, w styczniu 1944 r., przerwało działalność Politechniki Lwowskiej. Prof. Adolf Joszt wyjechał do Krakowa, gdzie zajął się organizacją Politechniki Śląskiej, wkrótce przeniesionej do Gliwic. Tam objął kierownictwo Katedry Technologii Chemicznej Przemysłu Rolniczego na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej. Równocześnie, w latach 1945-47, pełnił funkcję dziekana Wydziału Chemicznego. W 1952 r. nastąpiła reorganizacja struktur politechnik w Polsce. Zostały zlikwidowane katedry technologii chemicznej przemysłu rolniczego, m.in. w Gliwicach i Wrocławiu. Prof. Adolf Joszt objął kierownictwo Katedry Technologii Wody i Ścieków na współorganizowanym przez niego Wydziale Inżynierii Sanitarnej Politechniki Śląskiej. Na stanowisku tym pozostawał przez ostatnie 5 lat swojego życia.

Na Politechnice Śląskiej w Gliwicach prof. Joszt wykładał technologię rolno-spożywczą, a potem technologię wody i ścieków. Równocześnie w latach 1946-49 prowadził w Krakowie i Czernichowie zajęcia z technologii rolnej i mikrobiologii technicznej na kursach dla kierowników gorzelni oraz w latach 1947-49 na kursach piwowarskich w Tychach. Badania naukowe prowadził z zakresu działania enzymów amylolitycznych na skrobię, z technologii fermentacji alkoholowej oraz z jakości ziemniaka. Wydał tak potrzebne wówczas skrypty: „Enzymatyka" oraz „Zasady mikrobiologii technicznej". Prowadził również prace naukowe z zakresu technologii wody i oczyszczania ścieków. W latach 1948-1951 kierował pracami placówki naukowo-badawczej „Międzywojewódzkiego Komitetu Ochrony Rzek przed Zanieczyszczeniem" w Katowicach. Był w tym okresie zastępcą przewodniczącego Oddziału Śląsko-Dąbrowskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, członkiem Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, członkiem honorowym Polskiego Towarzystwa Chemicznego, członkiem Komisji Nauk Rolniczych oraz Komisji Nauk Technicznych PAU i Komitetu Chemii i Technologii Żywności PAN. Oprócz krzyża komandorskiego Orderu Odrodzenia Polski z 1938 r., otrzymał Złoty Krzyż Zasługi (1951 r.) i Order Sztandaru Pracy I klasy (1957 r., pośmiertnie). Prof. dr hab. Adolf Joszt zmarł 16 marca 1957 r. w Gliwicach.

Wacław Leszczyński

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

PROFESOR DR HAB. INŻ. ZBIGNIEW ŚMIETANA
1942 - 2012

„Można odejść na zawsze,
by stale być blisko”
ks. Jan Twardowski

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Śmietana urodził się 23 września 1942 r. w Kiełpinach. Szkołę średnią ukończył w Golubiu Dobrzyniu. W 1966 r. ukończył studia na Wydziale Mleczarskim Wyższej Szkoły Rolniczej w Olsztynie, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera mleczarstwa. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Katedrze Technologii Mleczarstwa WSR w Olsztynie.

Przez 43 lata życia zawodowego Profesor związany był z olsztyńską uczelnią (WSR/ART/UWM). Stopień dr nauk technicznych uzyskał w roku 1972, a dr hab. w roku 1980. Tytuł naukowy profesora nauk technicznych został nadany Profesorowi 26 marca 1987 roku.

Profesor Zbigniew Śmietana pełnił wiele funkcji organizacyjnych i naukowych. W latach 1987 - 1990 był Prorektorem ART w Olsztynie ds. nauki, rozwoju i współpracy z gospodarką, a przez trzy kadencje (1996-2005) Dziekanem Wydziału Technologii Żywności, a następnie Wydziału Nauki o Żywności. Pan Profesor pełnił również funkcję Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie. Był członkiem Rady Gospodarki Żywnościowej przy Radzie Ministrów, a także doradcą Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej oraz członkiem Zespołu Konsultantów Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej ds. Obszarów Wiejskich i Rolnictwa.

Profesor Zbigniew Śmietana był członkiem wielu towarzystw naukowych, organizacji gospodarczych i promocyjnych oraz rad programowych wydawnictw naukowych. Przez wiele lat pełnił funkcję Dyrektora Instytutu Technologii Mleczarskiej.

Sylwetkę naukową Pana Profesora ukształtowała Uczelnia Kortowska oraz wiele krajowych i zagranicznych ośrodków naukowo-technicznych. Był profesorem wizytu-

jącym w jednostkach naukowych i innowacyjnych Niemiec, Austrii, Danii, Holandii, Szwecji, Algierii, Francji, Irlandii i USA.

Pan Profesor Zbigniew Śmietana cały okres swojej pracy naukowej i zawodowej poświęcił rozwojowi nauki i praktyki przemysłu spożywczego. Był wybitnym specjalistą i autorytetem z zakresu technologii i inżynierii żywności oraz zasłużonym dla rozwoju krajowego przemysłu mleczarskiego. Aktywnie uczestniczył w opracowaniu i realizacji pierwszego programu restrukturyzacji polskiego mleczarstwa i przystosowania go do standardów Unii Europejskiej. Swoją wiedzą naukową i doświadczeniem przyczynił się do wprowadzenia nowych technik i technologii wytwarzania produktów mleczarskich, w tym szczególnie serów twarogowych o najwyższych cechach jakościowych. Opracował wiele założeń techniczno-technologicznych urządzeń i systemów technologicznych, które są wytwarzane przez firmy regionalne, krajowe i zagraniczne. Przyczynił się do rozwoju wielu firm Warmii i Mazur. Przy aktywnym udziale Profesora Zbigniewa Śmietany region olsztyński stał się liczącym centrum nie tylko nauki i myśli techniczno-technologicznej, ale także krajowym ośrodkiem wytwarzania specjalistycznych maszyn i urządzeń dla przemysłu spożywczego, szczególnie mleczarstwa.

Pan Profesor Zbigniew Śmietana był cenionym nauczycielem i wychowawcą wielu pokoleń młodzieży akademickiej oraz kadry dydaktycznej. Był promotorem licznych prac doktorskich, jak również recenzentem w wielu postępowaniach na stopień doktora i doktora habilitowanego oraz wniosków o nadanie tytułu profesora. Dorobek naukowy Profesora obejmuje ponad 600 prac naukowych, rozwojowych i wdrożeniowych, 3 podręczniki oraz 58 patentów. Kierunki prac badawczych Profesora dotyczyły chemii i technologii białek mleka wraz z ich strukturyzacją, inżynierii i technologii tradycyjnych i nowych produktów mleczarskich oraz biotechnologicznego przetwórstwa produktów ubocznych mleczarstwa.

Za działalność naukową Pan Profesor został odznaczony m.in. Oficerskim i Kawalerskim Krzyżem Orderu Odrodzenia Polski, Medalem Komisji Edukacji Narodowej oraz licznymi medalami branżowymi i uczelnianymi, w tym szczególnym Medalem UWM w Olsztynie *„Benemerenti Universitati Nostrae”*.

W naszej pamięci Pan Profesor pozostanie jako Człowiek mądry, prawy i wielkiego serca, pełen humoru oraz radości życia.

Koleżanki i Koledzy oraz Studenci z Wydziału Nauki o Żywności
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

TECHNOLOG ŻYWNOŚCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Rok 22 Nr 2 kwiecień 2012

DZIAŁALNOŚĆ TOWARZYSTWA

Zarząd Główny

W dniu 30.03.2012 r. obyło się zebranie Zarządu Głównego PTTŻ. Zarząd przyjął sprawozdania z działalności Towarzystwa w 2011 r. Podjął także uchwałę o zwołaniu Walnego Zebrania Towarzystwa w czwartym kwartale 2012 r. w Warszawie.

Rozstrzygnięty został konkurs na najlepsza pracę opublikowaną w naszym czasopiśmie w 2010 r.:
W kategorii prac przeglądowych jury wybrało pracę:
Adriana Nowak, Katarzyna Śliżewska, Zdzisława Libudzisz, Jerzy Socha: Probiotyki – efekty zdrowotne. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 4 (71), 20-36.
W kategorii prac oryginalnych jury wybrało pracę:
Ewelina Siepka, Łukasz Bobak, Tadeusz Trziszka: Frakcjonowanie żółtka w celu pozyskiwania preparatów wzbogaconych w substancje biologicznie aktywne. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 6 (73), 158-167.

Oddział Małopolski

W dniu 23.04.2012 r. odbyło się walne Zebranie Członków Oddziału Małopolskiego PTTŻ. Udzielono absolutorium ustępującemu zarządowi i wybrano nowy Zarząd, Komisję Rewizyjną oraz delegatów na Walne Zebranie Towarzystwa.

WAŻNIEJSZE MIĘDZYNARODOWE I KRAJOWE KONFERENCJE NAUKOWE W 2012 r.

Maj

8 – 10 Jugowice = VII Konferencja Naukowa „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”.
Organizatorzy: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa; KNoŻ PAN, Sekcja Technologii Węglowodanów PTTŻ.

Kontakt: dr inż. Ewa Zdybel; tel. 71 320 77 27 lub dr inż. Wioletta Drożdż; tel.: 71 320 77 66;
e-mail: ziemnia@wnoz.up.wroc.pl

10 – 11 **Kraków = XVII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ.**
Organizatorzy: Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Oddział Małopolski PTTŻ i Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.
Zgłoszenia: smkn.maj2012@gmail.com

17 – 18 **KRAKÓW = V Ogólnopolska Konferencja Naukowa Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw nt. „Doskonalenie jakości żywności z owoców, warzyw i grzybów".**
Organizatorzy: Oddział Małopolski PTTŻ, Sekcja Technologii Owoców i Warzyw PTTŻ Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.
Informacje: e-mail: kow@ur.krakow.pl

Czerwiec

20 – 22 **Kraków – Niepołomice = VIII Krajowa i I Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt.: „Zarządzanie jakością a jakość zarządzania".**
Organizatorzy: Katedra Zarządzania Jakością Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie i European Organization for Quality.
Kontakt: e-mail: urszula.balon@uek.krakow.pl; pawel.nowicki@uek.krakow.pl

25 – 27 **Warszawa = Sympozjum Inżynierii Żywności**
Organizatorzy: Wydział Nauk o Żywności SGGW, PAN, Oddział Warszawski PTTŻ, Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego.
Informacje: http://kizop.sggw.pl/siz2012/
Kontakt: siz@sggw.pl

27 – 29 **ŁÓDŹ = V Krajowe Sympozjum „Naturalne i Syntetyczne Produkty Zapachowe i Kosmetyczne"**
Organizatorzy: Instytut Podstaw Chemii Żywności, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej.
Informacje: http://lcazb.p.lodz.pl/nspzk
Kontakt: nspzk@info.p.lodz.pl

Sierpień

5 – 9 BRAZYLIA = XVI IUFoST World Congres nt.: „Addressing global food security and wellness through Food Science and Technology"
Informacje: http://www.iufost.org.br/ingles/inscricao.html

Wrzesień

9 – 12 BERN, Switzerland = 5th European Conference on Sensory and Consumer Research.
Informacje: www.eurosense.elsevier.com

Listopad

7 – 9 **ROGÓW = V Konferencja Naukowa nt. „Fizjologiczne uwarunkowania postępowania dietetycznego”.**
Organizatorzy: Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW
Informacje: http://wnzck.sggw.pl/konferencje-2/
e-mail: fizj_diet@sggw.pl

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, BUNGE POLSKA Sp. z o.o. Karczew, HORTIMEX Plus Spółka komandytowa Konin.**
Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o., Bielsko-Biała.**

Materiał zawarty w Nr 2 (81)/2012 Biuletynu podano według stanu informacji do 1 kwietnia 2012 r. Materiały do Nr 3 (82)/2012 prosimy nadsyłać do 1 czerwca 2012 r. na adres Redakcji Czasopisma.

KOMUNIKAT

Informujemy P.T. Autorów, że od 1 stycznia 2012 roku uaktualnione zostały *Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne*, które publikujemy na stronie **www.pttz.org**

Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

PREZES / ODDZIAŁ	ADRES
Prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska Prezes PTTŻ	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA Tel.: 022 843 87 11 e-mail: danuta_kolozyn_krajewska@sggw.pl
Dr inż. Stanisław Kalisz Sekretarz PTTŻ	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA e-mail: stanislaw_kalisz@sggw.pl
Dr hab. Maria Śmiechowska, prof. AM Oddział Gdański	AM, ul. Morska 81-87, 81-225 GDYNIA Tel.: 058 690 15 62; e-mail: smiemari@am.gdynia.pl
Dr inż. Joanna Stadnik Oddział Lubelski	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN Tel.: 081 462 33 41; e-mail: joanna.stadnik@up.lublin.pl
Prof. dr hab. Lucjan Krala Oddział Łódzki	PŁ, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ Tel.: 042 631 34 54 (66); e-mail: lucjan.krala@p.lodz.pl
Prof. dr hab. inż. Grażyna Jaworska Oddział Małopolski	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW Tel. 012 662 47 54; e-mail: rrgjawor@cyf-kr.edu.pl
Dr hab. Katarzyna Majewska, prof. UWM Oddział Olsztyński	UWM, ul. Słoneczna 44A, 10-718 OLSZTYN Tel.: 089 523 41 70; e-mail: kasia@uwm.edu.pl
Dr inż. Arkadiusz Żych Oddział Szczeciński	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 3, 71-550 SZCZECIN Tel.: 091 449 66 00 wew. 6583; e-mail: arkadiusz.zych@zut.edu.pl
Dr inż. Dorota Nowak Oddział Warszawski	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA Tel.: 022 593 75 62; e-mail: dorota_nowak@sggw.pl
Prof. dr hab. Grażyna Lewandowicz Oddział Wielkopolski	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 061 846 60 03, e-mail: prezes.ow.pttz@gmail.com
Dr hab. inż. Agnieszka Kita, prof. UP Oddział Wrocławski	UP, ul. Norwida 25/27, 50-375 WROCŁAW Tel.: 071 320 50 38; e-mail: agnieszka.kita@wnoz.up.wroc.pl
SEKCJE	
Doc. dr hab. Renata Jędrzejczak Analizy i Oceny Żywności	IBPRS, ul. Rakowiecka 36, 02-532 WARSZAWA Tel. 022 849 02 24; 0606 38 76; Fax: 022 849 04 26
Dr Karol Krajewski Ekonomiczna	WSIiZ, ul. Rakowiecka 32, 02-532 WARSZAWA Tel.: 022 646 20 60; e-mail: krajewski@wsiiz.pl
Prof. dr hab. Edward Pospiech Technologii Mięsa	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 061 848 72 60; e-mail: pospiech@up.poznan.pl
Prof. dr hab. Krzysztof Krygier Chemii i Technologii Tłuszczów	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA Tel.: 022 847 58 17; E-mail: krzysztof_krygier@sggw.pl
Prof. dr hab. Wacław Leszczyński Technologii Węglowodanów	UP, ul. Norwida 25/27, 50-375 WROCŁAW Tel.: 071 320 52 21; Fax: 071 320 52 73
Prof. dr hab. Janusz Czapski Technologii Owoców i Warzyw	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 061 848 72 72; e-mail: czapski@up.poznan.pl
Dr inż. Katarzyna Marciniak-Łukasiak Młodej Kadry Naukowej	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA e-mail: katarzyna_marciniak_lukasiak@sggw.pl