



# ŻYWNOŚĆ

*Nauka Technologia Jakość*

---

# FOOD

*Science Technology Quality*

**Nr 1 (74)**

**Kraków 2011**

**Rok 18**

**Redaktor naczelny:** prof. dr hab. Tadeusz Sikora; tel./fax 12/ 293-50-54

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

**Redaktorzy:** prof. dr hab. Grażyna Jaworska, prof. dr hab. Włodzimierz Grajek,  
prof. dr hab. Danuta Kolożyn-Krajewska, prof. dr hab. Bogusław Król, prof. dr hab. Krzysztof  
Krygier, prof. dr hab. Mieczysław Pałasiński, prof. dr hab. Stefan Ziajka

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

**RADA PROGRAMOWA:** 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 hab. Józef Fornal, prof. dr hab. Teresa  
Fortuna, prof. dr hab. Jan Gawęcki, prof. dr hab. Roman A. Grzybowski, prof. dr hab. Stanisław  
Gwiazda, prof. dr hab. Jan Kciek, prof. dr hab. Edward Kołakowski, prof. dr hab. Henryk Kostyra,  
prof. dr hab. Andrzej Lenart, prof. dr hab. Zdzisława Libudzisz, prof. dr hab. Piotr  
Przybyłowski, prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, prof. dr hab. Zdzisław Targoński,  
prof. dr hab. Tadeusz Trziszka, prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, prof. dr hab. Erwin Wąsowicz

**KONSULTANCI NAUKOWI:** prof. dr hab. Zbigniew Duda, prof. dr hab. Adolf Horubała,  
prof. dr hab. Jan Kiswa, prof. dr hab. Helena Oberman

**RADA KONSULTACYJNA:** prof. dr Henryk Daun (USA), prof. dr Jerzy Jankun (USA),  
prof. dr Józef Korolczuk (Francja), prof. dr Marian Naczek (Kanada), prof. dr Jan Pokorny  
(Czechy), prof. dr Roman Przybylski (Kanada), dr Andrzej Sośnicki (USA), dr Alina Surmacka-  
Szcześniak (USA), dr John Wojciak (Kanada)

**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 2011

Printed in Poland

Wydawanie publikacji dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

**ISSN 1425-6959**

**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 Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

Nr 1 (74)

Kraków 2011

Rok 18

## SPIS TREŚCI

Od Redakcji .....	3
MAREK SIKORA, GRETA ADAMCZYK, MAGDALENA KRYSZYJAN: Tikotropia miarą niestabilności ciekłych produktów żywnościowych.....	5
GENOWEFA BONCZAR, KAJA CHRZANOWSKA, KRZYSZTOF MACIEJOWSKI, MARIA WALCZYCKA: Zawartość cholesterolu i jego pochodnych w mleku i produktach mleczarskich – uwarunkowania surowcowe i technologiczne .....	15
JAROSŁAWA RUTKOWSKA, AGATA ADAMSKA, MAŁGORZATA BIAŁEK: Porównanie składu kwasów tłuszczowych zawartych w tłuszczu mleka kłaczy i krów.....	28
EWA SIMINSKA, BRONISŁAW BORYS, HENRYKA BERNACKA: Wpływ żywienia jagniąt makuchem słonecznikowym i nasionami lnu bez lub z dodatkiem witaminy E na profil kwasów tłuszczowych mięsa, wątroby i serca.....	39
RYSZARD ŻYWICA, DOROTA G. CHARZYŃSKA, JOANNA K. BANACH: Wpływ procesu oszłamiania elektrycznego kurcząt za pomocą urządzenia własnej konstrukcji na barwę mięsa .....	52
DOROTA PIETRZAK, EWA TREJDA, MAŁGORZATA ZIARNO: Wpływ wysokiego ciśnienia na wybrane właściwości oraz trwałość kotlecików z mięsa drobiowego.....	68
BARBARA BIESIADA-DRZAZGA, STANISŁAW SOCHA, ALINA JANOCHA, TERESA BANASZKIEWICZ, ADAM KONCEREWICZ: Ocena wartości rzeźnej i jakości mięsa bażantów łownych ( <i>Phasianus colchicus</i> ) .....	79
AGNIESZKA NARWOJSZ, EULALIA J. BOROWSKA: Zmiany składników strukturotwórczych owoców porzeczki czarnej podczas maceracji miążgi a uwalnianie polifenoli do soku.....	87
IWONA ŚCIBISZ, ANDRZEJ GASIK, MARTA MITEK, ANDRZEJ CENDROWSKI: Wpływ warunków przechowywania na barwę dżemów z owoców kolorowych .....	99
KRYSTIAN MARSZAŁEK, MARTA MITEK, SYLWIA SKĄPSKA: Zastosowanie wysokich ciśnień hydrostatycznych (UHP) do utrwalania soków i nektarów truskawkowych.....	112
MAŁGORZATA KASPRZAK, ZBIGNIEW RZEDZICKI, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA: Wpływ dodatku razówki owsianej na cechy jakościowe chleba pszennego .....	124
ELŻBIETA DŁUŻEWSKA, ANNA FLOROWSKA, EWELINA JASIORSKA: Wpływ rodzaju nośnika na stabilność $\beta$ -karotenu mikrokapsułkowanego metodą suszenia rozpyłowego.....	140
ANTONI MIECZNIKOWSKI, ANDRZEJ LENART: Charakterystyka preparatów bakterii fermentacji mlekowej utrwalonych metodą suszenia fluidyzacyjnego .....	152
EWA WALASZCZYK, WALDEMAR PODGÓRSKI, DOMINIK MARZEC: Wpływ makroelementów na proces biosyntezy kwasu szczawiowego z glicerolu przez <i>Aspergillus niger</i> .....	165
GRAŻYNA KRASNOWSKA, ANNA M. SALEJDA: Ocena wiedzy konsumentów na temat znakowania żywności .....	173
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym.....	190
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interakcje składników żywności .....	192
ANNA GRĘDA: Nowe książki .....	196
<b>Technolog Żywności .....</b>	<b>199</b>

*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)

No 1 (74)

Kraków 2011

Vol. 18

## CONTENTS

From the Editor .....	3
MAREK SIKORA, GRETA ADAMCZYK, MAGDALENA KRYSZYJAN: Thixotropy as a measure of liquid food products.....	5
GENOWEFA BONCZAR, KAJA CHRZANOWSKA, KRZYSZTOF MACIEJOWSKI, MARIA WALCZYCKA: Content of cholesterol and its derivatives in milk and dairy products – raw material-depending and technological conditions.....	15
JAROSŁAWA RUTKOWSKA, AGATA ADAMSKA, MAŁGORZATA BIAŁEK: Comparison of fatty acid composition in mare's and cow's milk fat.....	28
EWA SIMINSKA, BRONISŁAW BORYS, HENRYKA BERNACKA: Effect of feeding lambs with sunflower cake and linseeds with or without vitamin E added on fatty acid profile of meat, liver, and heart .....	39
RYSZARD ŻYWICA, DOROTA G. CHARZYŃSKA, JOANNA K. BANACH: Effect of electric stunning of chickens on meat colour using device constructed by the authors .....	52
DOROTA PIETRZAK, EWA TREJDA, MAŁGORZATA ZIARNO: Effect of high pressure on selected properties and shelf-life of poultry burgers.....	68
BARBARA BIESIADA-DRZAZGA, STANISŁAW SOCHA, ALINA JANOCZA, TERESA BANASZKIEWICZ, ADAM KONCEREWICZ: Assessment of slaughter value and quality of meat in common 'game' pheasants ( <i>Phasianus colchicus</i> ).....	79
AGNIESZKA NARWOJSZ, EULALIA J. BOROWSKA: Changes in structure-forming components of blackcurrant fruits during mash maceration and release of polyphenols into juice.....	87
IWONA ŚCIBISZ, ANDRZEJ GASIK, MARTA MITEK, ANDRZEJ CENDROWSKI: Effect of storage conditions on colour of jams made from colourful fruits .....	99
KRYSTIAN MARSZAŁEK, MARTA MITEK, SYLWIA SKĄPSKA: Application of high hydrostatic pressures (UHP) to stabilize strawberry juices and nectars.....	112
MAŁGORZATA KASPRZAK, ZBIGNIEW RZEDZICKI, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA: Effect of oat wholemeal added on quality profile of wheat bread.....	124
ELŻBIETA DŁUŻEWSKA, ANNA FLOROWSKA, EWELINA JASIORSKA: Effect of carrier type on stability of $\beta$ -carotene micro-encapsulated using spray-drying method .....	140
ANTONI MIECZNIKOWSKI, ANDRZEJ LENART: Profile of lactic acid fermenting bacterial preparations stabilized using fluidized bed drying .....	152
EWA WALASZCZYK, WALDEMAR PODGÓRSKI, DOMINIK MARZEC: Impact of macro-elements on oxalic acid biosynthesis process by <i>Aspergillus niger</i> with glycerol .....	165
GRAŻYNA KRASNOWSKA, ANNA M. SALEJDA: Consumer knowledge about food product labelling .....	173
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation .....	190
HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA: Interactions among food components.....	192
ANNA GRĘDA: Book reviews .....	196
<b>The Food Technologist.....</b>	<b>199</b>

*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 1(74) naszego czasopisma, w którym zamieściliśmy wiele interesujących artykułów naukowych z zakresu nauk o żywności.

Od nr 1(74) rozpoczynamy publikację nowego cyklu nt. „Interakcje składników żywności”, który będzie przygotowywany przez Pana prof. Henryka Kostyrę z Zespołem. Wyrażam nadzieję, że ten cykl spotka się z zainteresowaniem i spełni Państwa oczekiwania.

Oczekujemy na Państwa sugestie i opinie na temat artykułów naukowych, jak i stałych działów, zamieszczanych na naszych łamach. Będziemy wdzięczni za każdą informację, którą można przesłać na adres Redakcji: e-mail: [wnptz@wp.pl](mailto:wnptz@wp.pl).

Kraków, luty 2011 r.

Redaktor Naczelny



*Tadeusz Sikora*



KOMITET NAUK  
O ŻYWNOŚCI  
POLSKIEJ AKADEMII  
NAUK



PAN

WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI  
SGGW w Warszawie

oraz

POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW  
ŻYWNOŚCI  
Oddział Warszawski

zapraszają na

**XL Sesję Komitetu Nauk o Żywności  
Polskiej Akademii Nauk**

***Tradycja i nowoczesność w żywności i żywieniu***

połączoną z obchodami Jubileuszu 50-lecia  
Wydziału Nauk o Żywności  
SGGW w Warszawie

Warszawa, 29 czerwca - 1 lipca 2011

***Informacje:  
[www.50latwnoz.sggw.pl](http://www.50latwnoz.sggw.pl)***

*Adres Komitetu Organizacyjnego:*

*e-mail: [sesja\\_knoz@sggw.pl](mailto:sesja_knoz@sggw.pl)*

*lub*

*Wydział Nauk o Żywności*

*XL Sesja Komitetu Nauk o Żywności Polskiej Akademii Nauk*

*„Tradycja i nowoczesność w żywności i żywieniu”*

*ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa*

MAREK SIKORA, GRETA ADAMCZYK, MAGDALENA KRYSZYJAN

## TIKSOTROPIA MIARĄ NIESTABILNOŚCI CIEKŁYCH PRODUKTÓW ŻYWNOŚCIOWYCH

### Streszczenie

Stwierdzono, że zjawisko tiksotropii jest zjawiskiem reologicznym, o dużym znaczeniu w przemyśle, również spożywczym. Ogólnie ujmując, jest to cecha niestabilności substancji, związana z powstawaniem i niszczeniem jej wewnętrznej struktury. Zależna jest od czasu i szybkości ścinania, a także od zjawisk mechanicznych zachodzących w materiale. Tiksotropia wykorzystywana jest na szeroką skalę, m.in. w cukiernictwie – do opisu zjawisk, zachodzących podczas konszowania mas czekoladowych. Żele skrobiowe (kleiki) charakteryzują się strukturą bardzo niestabilną w czasie. Do scharakteryzowania tej niestabilności (zmienności w czasie) stosuje się właśnie pomiary właściwości tiksotropowych.

**Słowa kluczowe:** tiksotropia, żele skrobiowe, oddziaływania międzycząsteczkowe, pętla histerezy

### Wprowadzenie

Wszystkie procesy zachodzące w przyrodzie sprowadzają się do wzajemnej zamiany różnych substancji oraz do ciągłych transformacji jednej w drugą [3].

Nauką o płynięciu materiałów oraz ich plastycznej deformacji jest reologia. Jest to nauka o substancjach rzeczywistych, które wykazują złożone właściwości mechaniczne cieczy i ciał stałych, ściśle powiązane ze skalą czasu [14]. Właściwości tych substancji są opisane za pomocą związków między siłami zewnętrznymi, oddziałującymi na ciało a wewnętrznymi reakcjami materiału, czyli odkształceniami. Reologia jest nauką, która plasuje się między klasyczną mechaniką płynów newtonowskich, a teorią ciał doskonale sprężystych. Zajmuje się ona substancjami nienewtonowskimi, takimi jak: kremy, piany, różnego rodzaju pasty, emulsje, farby, kleje, lakiery, jak również beton, skały, metale i wiele innych. Jednym z istotniejszych zjawisk zachodzących w reologii jest tiksotropia.

---

*Prof. dr hab. inż. M. Sikora, mgr inż. G. Adamczyk, mgr inż. M. Krystyjan, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 39-140 Kraków*

## Opis zjawiska tiksotropii

Zjawisko tiksotropii polega na tym, że w warunkach izotermicznego przepływu cieczy, która uprzednio znajdowała się dłuższy czas w spoczynku, przy stałej szybkości ścinania, naprężenie styczne maleje odwracalnie z upływem czasu. Tiksotropią nazywa się każdy proces, w którym na skutek niszczenia wewnętrznej struktury układu następuje izotermiczne zmniejszanie się tarcia wewnętrznego cieczy z upływem czasu ścinania, jak również dający się zmierzyć w czasie powolny powrót do pierwotnej konsystencji podczas spoczynku [1, 2, 9].

Podstawy tiksotropii wiążą się ze skomplikowaną budową molekularną substancji, bazującą na silnych elektrycznych oddziaływaniach międzycząsteczkowych. Częsteczkowe układy samoorganizujące się charakteryzują się tym, że powstają dzięki siłom wewnętrznym układu. Siłami, które są odpowiedzialne za powstawanie tych struktur są: siły van der Waalsa, siły wiązania wodorowego, siły hydrofobowe i siły elektrostatyczne [6, 13, 8]. Wszystkie te siły powstają przy wzajemnym zbliżaniu się atomów lub cząsteczek. Następuje wtedy zmiana ich konfiguracji elektronowej, czyli inne rozmieszczenie elektronów, należących do atomów danego pierwiastka na jego powłokach, podpowłokach i orbitalach, w wyniku której powstaje słabe oddziaływanie elektromagnetyczne. Wszystkie wymienione wyżej siły oddziaływania międzycząsteczkowego są związane z oddziaływaniem elektromagnetycznym. Do oddziaływań międzycząsteczkowych zalicza się między innymi (w kolejności od najsilniejszych do najslabszych): oddziaływania jon-jon, wiązania wodorowe, oddziaływania trwałe dipol - trwałe dipol oraz oddziaływania van der Waalsa. Oddziaływania jon-jon, zachodzą między dwiema różnoimiennie naładowanymi cząsteczkami, siła tych oddziaływań jest proporcjonalna do  $1/r^2$  (gdzie  $r$  – odległość między cząsteczkami). Wiązania wodorowe biorą udział w interakcjach pomiędzy kowalentnie związanym atomem wodoru a elektroujemnymi atomami sąsiedniej cząsteczki. Jeśli występują w obrębie jednej cząsteczki, są często traktowane jak słabe wiązania chemiczne. Jeśli wiążą one dwie lub kilka cząsteczek, można je traktować jako oddziaływania międzycząsteczkowe. Oddziaływania trwałe dipol - trwałe dipol tworzą się między cząsteczkami mającymi trwałe momenty dipolowe. Cząsteczki takie zawierają w jednych miejscach nadmiar ładunku ujemnego, a w innych jego niedomiar. Ich oddziaływanie jest słabsze od jonowego, ponieważ występują tu cząstkowe, a nie całkowite ładunki elektryczne. Oddziaływania van der Waalsa, zwane też oddziaływaniami Londona lub oddziaływaniami dyspersyjnymi, są to oddziaływania między trwałym dipolem i wzbudzonym dipolem lub między dwoma wzbudzonymi dipolami. Taki wzbudzony dipol i trwałe dipol oddziałują na siebie podobnie jak dwa trwałe dipole, tyle że znacznie słabiej. W cząsteczkach bez trwałego momentu dipolowego występują natomiast stochastyczne fluktuacje ich chmur elektronowych, powodujące powstawanie chwilowych momentów dipolowych. Cząsteczka mająca chwilowy moment dipolowy może go wzbudzić w cząsteczce są-

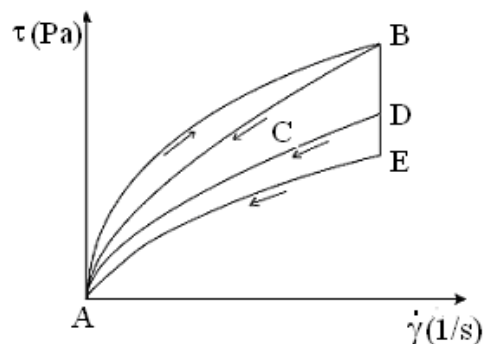


siadującej, wskutek czego obie cząsteczki mogą się nawzajem chwilowo przyciągać lub odpychać. Wynikiem uśrednienia sił odpychających i przyciągających jest oddziaływanie przyciągające, proporcjonalne do  $1/r^6$ . Oddziaływania van der Waalsa wynikają m.in. z korelacji ruchów elektronów pomiędzy oddziałującymi atomami. Dlatego też w metodach obliczeniowych, które nie uwzględniają korelacji elektronowej, sił tych praktycznie nie ma. Należy również mieć na uwadze, że pomiędzy powłokami elektronowymi, przy małych odległościach pomiędzy atomami, pojawia się oddziaływanie odpychające, wynikające z obowiązywania zakazu Pauliego [6].

Struktura przestrzenna substancji powstaje w zależności od oddziaływań między cząsteczkami i od kształtu tych cząsteczek. O właściwościach reologicznych substancji decydują właściwości jej struktury wewnętrznej, pozostającej przez dłuższy czas w spoczynku. W substancjach, które poddaje się ścinaniu, słabe wiązania fizyczne ulegają rozerwaniu, co powoduje rozpad struktury wewnętrznej na oddzielne agregaty. Rozpad ten jest wielostopniowy i jest funkcją zarówno czasu, jak i szybkości ścinania. Przy wystarczająco wysokich szybkościach ścinania fokuły rozpadają się do pierwotnych, pojedynczych cząstek. Ruchy Browna powodują jednak zderzenia pomiędzy fokułami, co w rezultacie prowadzi do wzrostu liczby agregatów. Po pewnym czasie, przy danej szybkości ścinania, ustala się równowaga dynamiczna pomiędzy rozpadem i wzrostem agregatów, zaś przy wyższych szybkościach ścinania równowaga ustala się przy większej dyspersji (rozdrobieniu substancji rozproszonej) [7, 9].

Badania nad zjawiskiem tiksotropii znacząco poszerzyła metoda wyznaczania pętli histerezy [5]. Podczas ścinania cieczy tiksotropowej, np. w wiskozymetrze rotacyjnym, następuje niszczenie struktury cieczy. Końcem niszczenia struktury jest moment wytworzenia przy danej prędkości ścinania szczytkowej struktury cieczy. Porównanie krzywej płynięcia, wykreślonej przy wzrastającej szybkości ścinania, z krzywą przy malejącej szybkości ścinania, umożliwia określenie zakresu niszczenia struktury tiksotropowej. Jeżeli przed rozpoczęciem wyznaczania krzywej (kiedy wartość szybkości ścinania jest jeszcze mała) substancję podda się przez pewien czas ścinaniu przy określonej maksymalnej szybkości ( $\gamma$ ), to naprężenie styczne ( $\tau$ ), odpowiadające tej szybkości zmniejszy się proporcjonalnie do rozpadu struktury tiksotropowej (punkty B→C). Ścinanie z szybkością  $\gamma_{\max}$ , prowadzone przez nieskończenie długi czas, doprowadza zmniejszające się naprężenie styczne do wartości równowagowej (punkt D), wartość ta jest charakterystyczna dla danej szybkości ścinania (rys. 1).

Krzywa opadająca E→A jest krzywą równowagową, wykreśloną przy granicznym zniszczeniu struktury, kiedy  $\gamma$  przyjmuje wartość maksymalną.



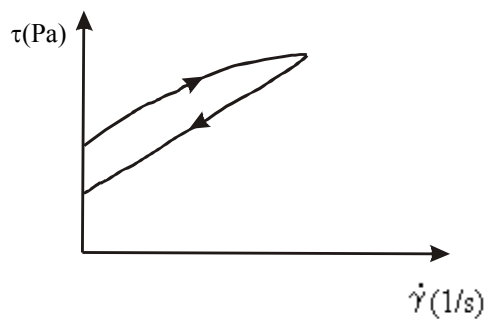
Rys. 1. Pętle histerezy powstałe przez połączenie krzywych szybkości ścinania.

Fig. 1. Hysteresis loops formed by connecting shear rate curves.

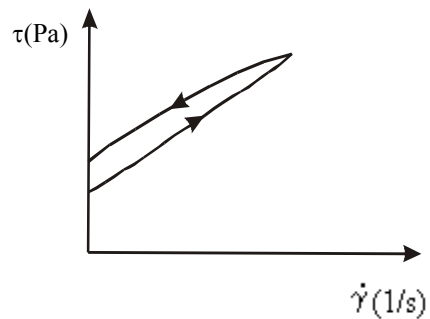
Źródło / Source: [9]

Na podstawie opisu właściwości ciał tiksotropowych, za pomocą rozmiarów i kształtu pętli histerezy, wprowadzono dodatkowo współczynniki chronotiksotropii oraz mobilotiksotropii, charakteryzujące ciecze tiksotropowe. Współczynnik chronotiksotropii oznacza szybkość rozpadu struktury wewnętrznej w czasie, przy stałej szybkości ścinania, natomiast współczynnik mobilotiksotropii jest miarą rozpadu tiksotropowego, wywołanego rosnącą szybkością ścinania [15]. Istnieje również teoria, że pętla histerezy ma związek z fizyczną energią potrzebną do przezwyciężenia oporu lepkości, aby początkowa struktura układu została zniszczona bądź odbudowana [4, 11]. Zjawiskami „przeciwymi” do tiksotropii są tiksotropia ujemna i antytiksotropia. Terminy te oznaczają, że struktura odbudowuje się przy ścinaniu, a niszczy się przy spoczynku (zawiesina uwolniona od ścinania) [1, 2]. Ciecze antytiksotropowe wykazują odwracalny wzrost naprężenia stycznego, po dostatecznie długim okresie spoczynku, przy stałej szybkości ścinania i w warunkach izotermicznych. Antytiksotropia nazywana była często w literaturze reopeksją. Reopeksja jest to właściwość cieczy nienewtonowskich, powodująca zastyganie substancji w wyniku ścinania poprzez zwiększenie lepkości. Zastyganie takie następuje szybciej niż w warunkach, w których nie ma ścinania. Jest to zjawisko formowania struktury substancji pod wpływem łagodnych i regularnych ruchów. Tego typu właściwości wykazują np. zawiesiny gipsu. Wprowadzono również termin „tiksoplastyczność”, łączący zjawisko tiksotropii z lepkosprężystością [12]. Ciecze plastycznie tiksotropowe zachowują się zupełnie inaczej, gdyż nie tracą swej „plastyczności” i charakteryzują się niewielką granicą płynięcia.

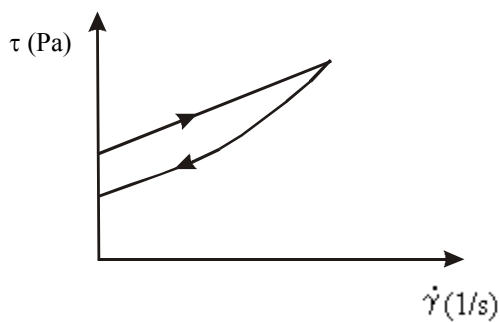
Poniżej przedstawiono podział płynów tiksotropowych (rys. 2), uwzględniający zarówno tiksotropię, antytiksotropię, reopeksję i antyreopeksję [8].



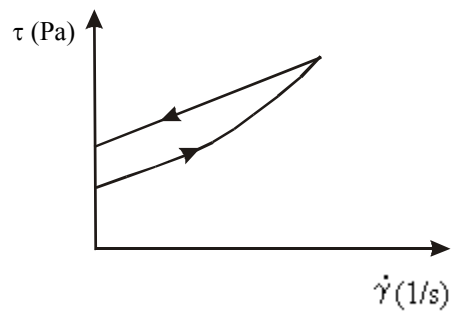
Rys. 2a. Zachowanie tiksotropowe.  
Fig. 2a. Thixotropic behaviour.



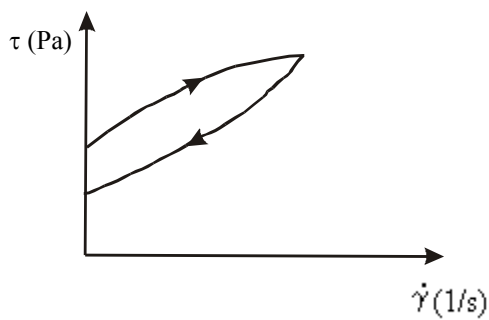
Rys. 2b. Zachowanie antytiksotropowe.  
Fig. 2b. Antithixotropic behaviour.



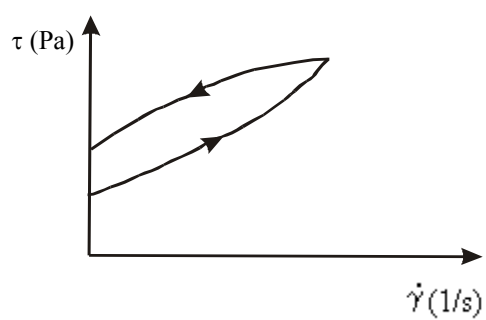
Rys. 2c. Zachowanie reopeksyjne.  
Fig. 2c. Rheopectic behaviour.



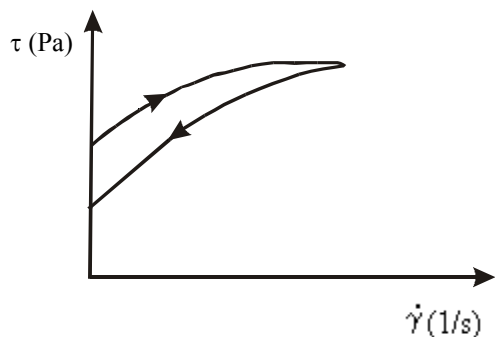
Rys. 2d. Zachowanie antyreopeksyjne.  
Fig. 2d. Antirheopectic behaviour.



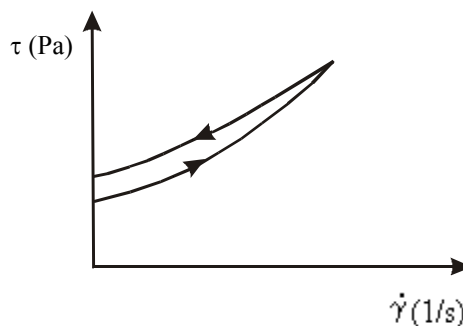
Rys. 2e. Zachowanie tikso-reopeksyjne.  
Fig. 2e. Thixo-rheopectic behaviour.



Rys. 2f. Zachowanie antyreopeksyjno-  
antytiksotropowe.  
Fig. 2f. Antirheopectic-antithixotropic behaviour.



Rys. 2g. Zachowanie tikso-antytikotropowe.  
Fig. 2g. Thixo-antithixotropic behaviour.



Rys. 2h. Zachowanie antyreo-reopeksyjne.  
Fig. 2h. Antirheo-rheopectic behaviour.

Rys. 2. Podział płynów tiksotropowych.  
Fig. 2. Classification of thixotropic fluids.  
Źródło / Source: [9]

Zdarza się, że podczas badań zawiesiny charakteryzuje się ją jako tiksotropową, a tymczasem jej zachowanie reologiczne zależy tylko od osadzania się cząstek stałych. Wytrącanie się i sedymentacja cząstek w funkcji czasu są m.in. zależne od wielkości cząstek i od lepkości substancji. Jeżeli szybkość sedymentacji jest większa od szybkości rozpraszania (dyspersji), wówczas następuje rozwarstwianie, w wyniku którego uzyskuje się podobne efekty pomiarowe (pętla histerezy), często mylnie opisywane jako tiksotropia. Innym zjawiskiem błędnie odczytywanym jako tiksotropia jest syneriza, która polega na wydzielaniu małych ilości cieczy z cząstek zawieszonych w żelu i jest związana z procesami koagulacji. Przy mechanicznym wzbudzaniu takich żeli może zdarzyć się przypadek, że ciecz „wyciśnięta” z cząstki utworzy dookoła niej warstwę. Spowoduje to rozdzielenie układu dyspersyjnego na dwie części: stężony żel i bardzo rozcieńczony roztwór zolu. Syneriza może zachodzić samorzutnie lub pod wpływem elektrolitów i substancji zmniejszających rozpuszczalność związków wielkocząsteczkowych. Syneriza jest objawem starzenia się żelu [7].

Struktura w cieczach tiksotropowych wykazuje pewną sztywność, która oznacza rzeczywistą wartość granicy płynięcia. Wartość ta pokrywa się z wartością uzyskaną przez przecięcie stycznej do krzywej płynięcia z osią naprężeń, w przypadku, gdy niszczenie poszczególnych etapów utworzonej struktury tiksotropowej odbywa się w sposób ciągły. Szybkość rozpadu struktury zależy od liczby wiązań, które ulegają zniszczeniu. Szybkość odbudowy struktury rośnie w miarę, jak mnoży się liczba tworzonych wiązań. W pewnym momencie zostaje osiągnięty stan równowagi dynamicznej, w której szybkość odbudowy struktury jest równa szybkości rozpadu wiązań. Sztywność struktury tiksotropowej określa maksymalne naprężenie styczne, konieczne do

zniszczenia wewnętrznej struktury zawiesiny, pozostającej w spoczynku. Jest to rzeczywista granica płynięcia płynów plastyczno-tiksotropowych. Różnica pomiędzy wartościami sztywności struktury tiksotropowej a granicą płynięcia  $\tau_y$  określa jej sprężystość [4, 10].

W przypadku, kiedy zawiesina rozpada się na mniejsze flokuły o blaszkowatym pokroju cząstek, mogą wystąpić trzy różne połączenia cząstek: powierzchnia do powierzchni, krawędź do powierzchni i krawędź do krawędzi. Każde z tych połączeń charakteryzuje się różnym wzajemnym oddziaływaniem energii, szybkością rozpraszania i zbliżania się cząstek. Połączenie powierzchnia do powierzchni prowadzi do powstania grubszych i dłuższych blaszek. Agregacja zmniejsza wytrzymałość zawiesiny, ponieważ ogranicza liczbę elementów będących w stanie budować strukturę substancji. Odwrotnością agregacji jest dyspersja – rozproszenie. Połączenie krawędź do powierzchni i krawędź do krawędzi powoduje powstanie struktury trójwymiarowej, o dużych rozmiarach. Czas niszczenia i odtwarzania struktury tiksotropowej może zmieniać się w szerokim zakresie, dlatego też jego pomiar nie jest łatwy [10].

Właściwości reologiczne substancji ulegają zmianie wraz z upływem czasu. Zjawisko to określane jest jako „starzenie się”. Lepkość zawiesin często z upływem czasu maleje aż do tzw. czasu „stabilizacji”. Stąd też okres „starzenia się” zawiesin liczony jest od ustabilizowania się wszystkich właściwości reologicznych zawiesin. Zmiany reologiczne zawiesin w okresie „starzenia się” są nieodwracalne, dlatego wymagają szczególnego podejścia, zarówno pod względem użytkowym, jak i poznawczym. W procesie „starzenia” zmianom ulega lepkość oraz sztywność struktury tiksotropowej. Zmiany te w zależności od czasu przechowywania mogą być spowodowane m.in. rozpadem agregatów ziaren na mniejsze jednostki, co objawia się podwyższeniem lepkości i wzmocnieniem zjawiska koagulacji, sedymentacją grubszych ziaren, jak również występowaniem połączeń organicznych, które mogą ulec rozpadowi, łączeniu lub zmianie konformacji łańcuchów, co zwykle objawia się podwyższeniem lepkości oraz zmianami temperatury [9].

### **Przemysłowe znaczenie zjawiska tiksotropii**

Z punktu widzenia reologii tiksotropia jest cechą niestabilności substancji. Związana jest ona z powstawaniem i niszczeniem wewnętrznej struktury ośrodka. Zjawisko tiksotropii uzależnione jest od czasu i szybkości ścinania, a także od zjawisk mechanicznych, którym podlega materiał. Tiksotropia ma duże znaczenie zarówno w przemyśle spożywczym, jak w branżach nieżywnościowych.

W cukiernictwie zjawisko tiksotropii służy do opisu zjawisk zachodzących podczas konszowania mas czekoladowych. Sommer [18], badając czekoladę gorzką, przedstawił sposób pomiaru, pozwalający na rozdzielenie wpływu dwóch rodzajów lepkości – powstałych na skutek przepływu i na skutek tarcia cząstek fazy stałej.

Umożliwiło to określenie zmian struktury płynnej czekolady oraz przepływu tłuszczu kakaowego, pomiędzy cząstkami fazy stałej masy czekoladowej. Zieliński i wsp. [21], badając wpływ procesów technologicznych na właściwości suspensji o dużym stężeniu cząstek fazy stałej, stwierdzili, że przy pewnych zakresach szybkości ścinania można uzyskać znaczącą redukcję lepkości, przy utrzymaniu tej samej końcowej zawartości tłuszczu kakaowego. Obserwację tę tłumaczyli poprzez zmiany strukturalne, zachodzące w badanych zawiesinach (masach), sprowadzające się do lepszego układu (upakowania) cząstek w zawieszynie.

Tiksotropia żeli (kleików) skrobiowych jest zjawiskiem niekorzystnym, świadczącym o niestabilności ich struktury. Aby temu przeciwdziałać, stosuje się różnego rodzaju modyfikacje skrobi – fizyczne, chemiczne, biochemiczne oraz ich kombinacje, a także próbuje się ustabilizować żele skrobiowe poprzez dodatki do nich nieskrobiowych hydrokoloidów polisacharydowych. Sikora i wsp. [15] podkreślają możliwość redukcji tzw. pola powierzchni pętli histerezy poprzez dodatek gumy ksantanowej do skrobi ziemniaczanej, kukurydzianej i owsianej i w ten sposób otrzymania stabilnych właściwości reologicznych w czasie przechowywania sosów truskawkowych. W innej pracy Sikory i wsp. [16] wykazano zróżnicowany wpływ dodatku gumy ksantanowej na stabilizację reologicznych właściwości i zmniejszenie powierzchni pól histerezy tiksotropii mieszanin tej gumy ze skrobiami: ziemniaczaną, kukurydzianą, tapiokową i owsianą. W kolejnej pracy Sikory i wsp. [17] określono zróżnicowany wpływ dodatku gumy guarowej na wielkość powierzchni pól histerezy tiksotropii mieszanin tej gumy z różnymi skrobiami. Generalnie, zjawisko tiksotropii kleików skrobiowych, jako niekorzystne, bowiem powoduje brak stabilizacji właściwości reologicznych żywności z udziałem tych kleików, a zatem powinno być lepiej zbadane i zdefiniowane, aby w sposób efektywny niwelować jego wpływ albo wręcz je eliminować.

Dolz i wsp. [5] badali właściwości tiksotropowe hydrożeli, o różnym stężeniu i zaproponowali empiryczną procedurę, pozwalającą na wyliczenie i porównanie względnych powierzchni pól tiksotropii badanych hydrożeli. Choi i Yoo [4] usiłowali scharakteryzować zmienne w czasie właściwości zawiesin żywnościowych. Bazując na parametrach, otrzymanych na podstawie trzech modeli reologicznych (Weltmana, Hahna i Figoniego & Shoemakera) stwierdzili, że zmienne w czasie ciekłe właściwości zawiesin żywnościowych uzależnione są od prędkości ścinania, temperatury i w dużym stopniu od rodzaju zawiesiny żywnościowej (ketchup, musztarda, przecier dla dzieci).

Właściwości tiksotropowe mogą być mierzone w różny sposób. Są one uzależnione zarówno od metodyki pomiaru, sposobu przygotowania i rodzaju substancji, jak również od czasu trwania eksperymentu. Jednakże nadal nie udało się opracować uniwersalnej metody pomiaru jednoznacznie opisującej to zjawisko.

## Podsumowanie

Zjawisko tiksotropii ma zastosowanie zarówno w przemyśle spożywczym, jak i w branżach niespożywczych. W odniesieniu do tak ważnego surowca żywnościowego, jakim jest skrobia, wydaje się mieć duże znaczenie. Badania tiksotropii mogą przyczynić się do opracowania rozwiązań pozwalających np. na alternatywną aplikację mieszanin skrobi natywnych z naturalnymi czy nieskrobiowymi hydrokoloidami polisacharydowymi w produkcji żywności, którą dotychczas wytwarza się na bazie skrobi modyfikowanych. Skrobie modyfikowane, zwłaszcza modyfikowane chemicznie, nie zawsze znajdują uznanie wśród konsumentów, którzy preferują produkty żywnościowe otrzymywane z surowców naturalnych.

*Praca finansowana ze środków MNiSzW, w ramach grantu NN 312 207436.*

## Literatura

- [1] Barnes A.H.: Thixotropy – a review, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 1997, **70**, 1-33.
- [2] Bautista F., de Santos J.M., Puig J.E., Manero O.: Understanding thixotropic and antithixotropic behavior of viscoelastic micellar solutions and liquid crystalline dispersions. I The model. *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 1999, **80**, 93-113.
- [3] Brummer R.: *Rheology essentials of cosmetics and food emulsions*. Ed. Springer, Berlin 2005, pp. 1-16.
- [4] Choi Y.H., Yoo B.: Characterization of time-dependent flow properties of food suspensions. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39**, 801-805.
- [5] Dolz M, Gonzalez F, Delegido J, Hernandez, MJ, Pellicer J.: A time dependent expression for thixotropic areas. Application to Aerosil 200 hydrogels. *J Pharm Sci*, 2000, **89**, 790-797.
- [6] Green H., Weltman R.N.: Equations of thixotropic breakdown for rotational viscometer. *Ing. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 1946, **18**, 167-172.
- [7] Israealachvili J.: *Intermolecular and surface forces*, Academic Press, London, 1992, pp. 3-108.
- [8] Mendez-Vivar, J., Bosch P., Lara V.H.: Synthesis and spectroscopic study of mixed metal clusters using methacrylate and acrylate ligands., *J. Non-Crystalline Solids*, 2005, 351, 1949-1957.
- [9] Migas A.: *Reologia ceramicznych zawiesin tiksotropowych*. Rozprawa doktorska. AGH, Wydz. Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Kraków 2008, ss. 7-33.
- [10] Mujumadar A., Beris A., Metzner A.B.: Transient phenomena in thixotropic system. *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 2002, **102**, 157-178.
- [11] Olphen H.: An introduction to clay colloid chemistry. *J. Colloid Interf. Sci.*, 1964, **19**, 313.
- [12] Perret D, Locat J, Martignoni P.: Thixotropic behavior during shear of a fine-grained mud from Eastern Canada. *Eng. Geol.*, 1996, **43**, 31-44.
- [13] Quemada D.: Rheological modeling of complex fluids. IV. Thixotropic and “thixoelastic” behavior. Start-up and stress relaxation, creep test and hysteresis cycles. *Eur. Phys. J.-Appl. Phys.*, 1999, **5**, 1191-1207.
- [14] Sikora M.: *Rola sacharydów w kształtowaniu reologicznych właściwości wodnych zawiesin tlenku glinu*. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2001, pp. 17-29.
- [15] Sikora M., Kowalski S., Tomasik P., Sady M.: Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch-xanthan gum combinations. *J. Food Eng.*, 2007, **79**, 1144-1151.

- [16] Sikora M., Kowalski S., Tomasik P.: Binary hydrocolloids from starches and xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 2008, **22**, 943-952.
- [17] Sikora M., Krystyjan M., Tomasik P., Krawontka J.: Mixed pastel of starches with guar gum. *Polimery* (praca w druku).
- [18] Sommer K.: Messmethode zur Bestimmung der Strukturaenderungen beim Conchieren von Schokolademassen. *Die Ernahrungsindustrie*, 1973, 123-126.
- [19] Steffe J.: *Rheological methods in food process engineering*, Freeman Press, USA, 1996, pp. 1-93.
- [20] Wilkinson W.L.: *Ciecze nienewtonowskie*, WNT, Warszawa 1963, pp. 52-56.
- [21] Zieliński M., Niediek E.A., Sommer K.: Einfluss des Knetens und Rührens auf das Fließverhalten von hochkonzentrierten Suspensionen. *Gordian*, 1974, **74**, 135-138, 141, 287-289.

### THIXOTROPY AS A MEASURE OF LIQUID FOOD PRODUCTS

#### S u m m a r y

Thixotropy has been found to be a rheological phenomenon of great importance in industry including the food industry. Generally, it is a measure of substance instability owing to the formation and destruction of its internal structure. It depends on the time and rate of shear, as well as on the mechanical phenomena occurring within the material. Among other things, thixotropy is applied, on a large scale, in the confectionery industry for the purpose of describing phenomena occurring during the conching of chocolate masses. Starch gels (gruels) are characterized by a structure highly instable in time. Thixotropic characteristics are measured and applied to characterize this instability (changeability in time).

**Key words:** thixotropy, starch gels, inter-particle interactions, hysteresis loop ☒



GENOWEFA BONCZAR, KAJA CHRZANOWSKA,  
KRZYSZTOF MACIEJOWSKI, MARIA WALCZYCKA

## ZAWARTOŚĆ CHOLESTEROLU I JEGO POCHODNYCH W MLEKU I PRODUKTACH MLECZARSKICH – UWARUNKOWANIA SUROWCOWE I TECHNOLOGICZNE

### Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań dotyczące czynników warunkujących zawartość cholesterolu i produktów jego utleniania (PUCh) w wyrobach mleczarskich. Opisano wpływ gatunku i rasy zwierząt, okresu laktacji, sposobu żywienia oraz stanu zdrowotnego wymienia na poziom cholesterolu w mleku surowym. Uwzględniono wpływ czynników technologicznych: zwłaszcza obróbki termicznej i homogenizacji mleka, dodatku kultur starterowych o zróżnicowanym składzie oraz warunków przechowywania na poziom cholesterolu w produktach mleczarskich. Scharakteryzowano czynniki decydujące o powstawaniu PUCh w wyrobach mleczarskich.

**Słowa kluczowe:** mleko, produkty mleczarskie, uwarunkowania surowcowe i technologiczne, cholesterol, produkty utleniania cholesterolu

### Wprowadzenie

Cholesterol (5-cholesten-3 $\beta$ -ol) jest alkoholem o wzorze ogólnym C<sub>27</sub>H<sub>45</sub>OH i charakterystycznym dla steroli 17-węglowym pierścieniu cyklopentanofenantrenowym połączonym z łańcuchem węglowodorowym przy C<sub>17</sub> dwoma grupami metylowymi przy C<sub>10</sub> i C<sub>13</sub>, grupą hydroksylową przy C<sub>3</sub> i jednym wiązaniem podwójnym w pierścieniu  $\beta$  pomiędzy atomami C<sub>5</sub> i C<sub>6</sub>. Cholesterol jest związkiem nierozpuszczalnym w wodzie, dlatego też w płynach ustrojowych transportowany jest jako składnik lipoprotein - globularnych cząstek w kształcie miceli, zbudowanych z hydrofobowego rdzenia, w którego skład wchodzi triacyloglicerole i estry cholesterolu, otoczony powłoką amfipatyczną, zbudowaną z białka, fosfolipidów i cholesterolu [19]. Ze względu na właściwości fizyczne i funkcjonalne, lipoproteiny dzieli się na klasy:

---

*Prof. dr hab. G. Bonczar, mgr inż. K. Chrzanowska, mgr inż. K. Maciejowski, dr inż. M. Walczycka, Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków*

a) chylomikrony (największe) – transportujące egzogeny (pobrane z pokarmem) cholesterol z jelita do innych tkanek, b) lipoproteidy VLDL o bardzo małej gęstości (Very Low Density Lipoproteins), IDL o pośredniej gęstości (Intermediate Density Lipoproteins) i o małej gęstości LDL (Low Density Lipoproteins) – przenoszące cholesterol z wątroby do tkanek i do błony naczyń tętniczych, gdzie dochodzi do gromadzenia się ich w przestrzeniach międzykomórkowych, w ścianie naczyń, w wyniku czego tworzy się ogniskowe zgrubienie błony wewnętrznej, będące początkiem miażdżycy – stąd też te frakcje cholesterolu zwane są „złym cholesterol” i c) lipoproteiny o dużej gęstości HDL (High Density Lipoproteins) transportujące cholesterol z naczyń tętniczych i innych komórek do wątroby, w której jest degradowany do kwasów żółciowych, a następnie wydalanany z organizmu lub przenoszony do nadnerczy, które przekształcają cholesterol w hormony steroidowe. Ponadto frakcja ta wspomaga przemianę chylomikronów i VLDL poprzez wymianę lipidów i apoprotein; nosi potoczną nazwę „dobry cholesterol” [13].

Cholesterol jest składnikiem strukturalnym wszystkich błon komórkowych i śródkomórkowych (zawierają go 30 %), a w tkance nerwowej wchodzi w skład otoczki mielinowej. Wpływa na właściwości reologiczne tkanek, umożliwiając gwałtowne zmiany kształtu różnych narządów wewnętrznych – serca, płuc, jelit, strun głosowych. Jest to możliwe dzięki zjawisku „flip-flop”, czyli przenoszeniu się cząsteczek cholesterolu z jednej strony błony komórkowej na drugą. Cholesterol pełni ponadto istotną rolę jako prekursor wielu składników: hormonów steroidowych kory nadnerczy, hormonów gruczołów płciowych, kwasów żółciowych oraz witaminy D<sub>3</sub> [9, 13]. Jest zatem niezbędnym do życia związkiem, głównie pochodzenia endogenne (syntetyzowany w organizmie człowieka), ale też egzogenne dostarczanego z pokarmem, choć wykazano, że jedynie 25 % cholesterolu pokarmowego jest wchłanianego przez jelita [9].

Niemniej jednak mleko i przetwory mleczarskie są często uznawane za przykłady produktów o wysokiej i niebezpiecznej dla zdrowia człowieka zawartości tego składnika, do czego krytycznie odniosła się Cichosz [9].

Celem niniejszej pracy było przedstawienie niektórych wyników badań, dotyczących czynników warunkujących poziom tego składnika w mleku i produktach mleczarskich.

### **Czynniki warunkujące zawartość cholesterolu w mleku i produktach mleczarskich**

Zawartość cholesterolu w mleku i produktach mleczarskich jest uwarunkowana wpływem wielu czynników, spośród których wyróżnić można czynniki wpływające na zawartość cholesterolu w samym mleku surowym (związane z organizmem zwierzęcia) i pozostałe czynniki (technologiczne, warunki przechowywania i in.).

## Czynniki wpływające na zawartość cholesterolu w mleku surowym

### *Gatunek i rasa*

Skład chemiczny mleka różnych gatunków zwierząt gospodarskich wykazuje zmienność. Dotyczy ona również zawartości tłuszczu i poziomu cholesterolu w mleku. Sankhla i Yadava [36] porównywali poziom cholesterolu w mleku krowim, bawolim, owczym i kozim. Stwierdzili, że tłuszcz mleka koziego jest najbardziej zasobny w cholesterol, natomiast najmniej zasobny jest owczy (odpowiednio 2,6 i 1,9 mg/g tłuszczu). Fernandez-San [11] podaje, że tłuszcz mleka krów trzech ras hiszpańskich zawiera znacznie więcej cholesterolu niż tłuszcz mleka bawolego. Z badań Pagliarini i wsp. [28] wynika, że mleko kłaczy zawiera około trzy razy mniej cholesterolu niż mleko krowie, a Sieber i Eyer [39] twierdzą z kolei, że mleko kobiece zawiera dwukrotnie więcej cholesterolu niż mleko krowie (odpowiednio 25 i 12 mg/100 g mleka).

Kolejnym czynnikiem wpływającym na poziom cholesterolu w mleku jest rasa zwierząt. Grega i wsp. [15] badając skład mleka krów rasy Simental stwierdzili, że poziom cholesterolu w tłuszczu mleka krów tej rasy jest niski (lato – 193,68, zima – 190,00 mg/100 g tłuszczu) w porównaniu z tłuszczem mleka krów rasy Sahival (303 - 385 mg/100g tłuszczu). Z cytowanych przez Gregę i wsp. [15] Pruthiego i Bindala wynika, że również mleko krzyżówek rasy Sahival z 75 % udziałem genów krów holsztyńsko-fryzyjskich charakteryzuje się wysokim poziomem cholesterolu nawet do 397 - 494 mg/100 g tłuszczu. Tomaszewski [41], w badaniach nad składem mleka krów rasy czarno-białej i ich krzyżówek z rasą holsztyńsko-fryzyjską, stwierdził wzrost poziomu cholesterolu nawet o ponad 16 % wraz ze wzrostem krwi holsztyńsko-fryzyjskiej. Reklewska i wsp. [31] dowiedli, że mleko krzyżówek krów rasy czarno-białej i holsztyńsko-fryzyjskiej charakteryzowało się znacznie wyższym poziomem cholesterolu niż mleko krów rasy simentalskiej (odpowiednio 0,373 i 0,306 g/100 tłuszczu).

Zmiany składu mogą występować również w mleku krów należących do różnych odmian tej samej rasy, o czym informują Bitman i wsp.[4]. Autorzy ci porównując mleko krów rasy Jersey odmiany duńskiej z odmianą pochodzącą z USA wykazali, że duńska odmiana krów tej rasy produkuje mniej mleka, ale o wyższej zawartości tłuszczu i cholesterolu.

### *Żywienie*

Znaczący wpływ na poziom cholesterolu w mleku ma zawartość tłuszczu w paszy. Precht [30] uważa, że krowy niedożywione, w porównaniu z krowami otrzymującymi prawidłowo zbilansowaną dawkę pokarmową, mogą wytwarzać mleko z mniejszą o około 10 % zawartością cholesterolu w tłuszczu. Jednakże ograniczanie spożycia tłuszczu przez krowy mleczne wiąże się ze zmniejszoną ilością dostarczanych do orga-

nizmu NNKT oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczu, a następnie ich niedoborami w mleku. Z tego właśnie powodu w systemach żywienia krów poszukuje się możliwości obniżenia poziomu cholesterolu bez zmiany składu podstawowych składników mleka [6]. Okazuje się, że czynniki obniżające poziom frakcji LDL cholesterolu we krwi zwierzęcia (np. pasze o zwiększonej dawce miedzi) nie zawsze powodują spadek zawartości tego składnika w mleku, czego przyczyn należy upatrywać w redukcji od 185 - 250 mg/100 ml cholesterolu w osoczu krwi do zaledwie 13 - 16 mg/100 ml w mleku [6].

Zarówno Brzóska i wsp. [5], jak też Wrzoł i wsp. [45] nie osiągnęli w przeprowadzonych przez siebie doświadczeniach spodziewanego obniżenia poziomu cholesterolu w mleku krowim, mimo stosowania dodatku do paszy soli CaKT [5] czy też jodu i selenu [45]. Natomiast Reklewska i wsp. [32] oraz Nałęcz-Tarwacka i wsp. [27] wykazali, że dodatek nasion lnu w dawce pokarmowej dla krów powoduje istotne zmniejszenie w ich mleku poziomu cholesterolu.

#### *Wydajność*

Tomaszewski [41] wykazał zależność pomiędzy wydajnością a poziomem cholesterolu w mleku. Z cytowanych badań wynika, że poziom cholesterolu w mleku wyraźnie zwiększa się wraz z rosnącą wydajnością, zwłaszcza przy wydajności przekraczającej 6200 kg mleka i 210 kg białka. Przy wydajności do 274 kg tłuszczu w laktacji następuje wzrost poziomu cholesterolu w mleku, a powyżej tej wydajności udział cholesterolu w tłuszczu pozostaje na tym samym poziomie.

#### *Wiek i kolejna laktacja*

Kolejnym czynnikiem wpływającym na poziom cholesterolu w mleku jest wiek krowy. Mleko młodych krów charakteryzuje się wysokim poziomem tego składnika. W miarę starzenia się zwierzęcia poziom cholesterolu maleje, szczególnie w mleku krów dziewięcioletnich i starszych, co tłumaczy się spowolnieniem procesów metabolicznych [41]. Zależność pomiędzy wiekiem krowy a kształtowaniem się poziomu cholesterolu jest szczególnie zauważalna w mleku krów wysokowydajnych. Tomaszewski [41] uważa, że istnieje odwrotna zależność pomiędzy kolejną laktacją a poziomem cholesterolu w mleku. Autor ten cytuje jednak odmienne wyniki Rossato i wsp., których badania wskazują, że wraz z kolejną laktacją poziom cholesterolu w mleku krowim wzrasta.

#### *Okres laktacji*

Z badań Prechta [30] wynika, że tłuszcz siary (z pierwszych 7 dni po ocieleniu) zawiera znacznie więcej cholesterolu niż mleko z późniejszego okresu (odp. 327 i 265

mg/100 g tłuszczu). Badania prowadzone przez Gregę i wsp. [16] wykazały, że w przypadku niektórych ras krów, jak np. nizinna czarno-biała czy polska czerwona, poziom cholesterolu w mleku był wyższy w początkowym stadium laktacji, natomiast w przypadku ras holsztyńsko-fryzyjskiej i nizinej czerwono-białej stwierdzono nieznacznie wyższą koncentrację cholesterolu w mleku pod koniec laktacji. Tomaszewski i Hibner [42] zaobserwowali, że koncentracja cholesterolu w mleku krów rasy czarno-białej wzrastała wraz z upływem laktacji oraz wyraźnie stabilizowała się pomiędzy 7. a 10. miesiącem jej trwania. Wpływ stadium laktacji na poziom cholesterolu oceniano również w mleku owczym. Badania prowadzone w okresie doju owiec (między 4. a 7. miesiącem laktacji), wykazały niewielkie i nieistotne zmiany zawartości tego składnika w mleku z kolejnych miesięcy laktacji [10]. Pikul i Wójtowski [29] stwierdzili, że w mleku kłaczy zawartość cholesterolu zmniejsza się w miarę upływu okresu laktacji.

#### *Stan zdrowotny wymienia*

Zapalenie wymienia istotnie wpływa na wzrost poziomu cholesterolu w tłuszczu mleka i w mleku krowim, o czym informują Antila i Antila [3]. Misri i wsp. [26] zaobserwowali podobną tendencję w mleku kozim. Zdaniem Agarwala i Narayanana [1] wzrostowi poziomu cholesterolu w mleku krów chorych na zapalenie wymienia towarzyszy większy udział małych kuleczek tłuszczowych, zawierających więcej cholesterolu.

### **Czynniki wpływające na poziom cholesterolu w produktach mleczarskich**

#### *Poziom cholesterolu a zawartość tłuszczu w produktach mleczarskich*

Czynniki wpływającymi na poziom cholesterolu w produktach mleczarskich są m.in.: zawartość tłuszczu, obróbka termiczna, homogenizacja mleka, rodzaj kultur starterowych i in.

W tab. 1. zestawiono niektóre dane literaturowe, dotyczące poziomu cholesterolu w mg/100 g wybranych produktów mleczarskich, który waha się od 2 mg/100 g (serwatka) do 239 mg/100 g produktu (masło). Poziom cholesterolu w mleku, jogurtach i serach twarogowych wynosi poniżej 20 mg/100 g produktu, natomiast w serach dojrzewających podpuszczkowych jest zróżnicowany od 62 do około 100 mg/100 g sera (tab. 1). Zależność między poziomem cholesterolu a zawartością tłuszczu szacowali Antila i Antila [3], uzyskując stosunkowo niską wartość współczynnika korelacji  $r = 0,32$ . Inni autorzy uzyskali wyższe wartości tego współczynnika:  $r = 0,63$  [40] i  $r = 0,98$  [24].

Tabela 1

Zawartość cholesterolu w produktach mleczarskich według różnych autorów.  
Content of cholesterol in dairy products according to different authors.

Produkt / Product	Zawartość cholesterolu [mg/100 g produktu] Content of cholesterol [mg/100 g of product]	Autor / Author
Mleko pełne / Full-fat milk	12 - 16	Russel i Gray [34]
Mleko odtłuszczone / Skimmed milk	3	Sieber i Eyer [39]
Mleko odtłuszczone / Skimmed milk	3	Russel i Gray [34]
Śmietanka / Cream	109 - 133	Sieber i Eyer [39]
Śmietanka / Cream	123 - 133	Russel i Gray [34]
Jogurt / Yoghurt	11	Sieber i Eyer [39]
Ser camembert / Camembert cheese	62	Sieber i Eyer [39]
Ser brie / Brie cheese	100	Fox i wsp. [12]
Ser roquefort / Roquefort cheese	90	Fox i wsp. [12]
Ser cheddar / Cheddar cheese	100	Sieber i Eyer [39]
Ser edamski / Edam cheese	80	Fox i wsp. [12]
Ser feta / Feta cheese	70	Fox i wsp. [12]
Ser emmentaler / Emmental cheese	88	Sieber i Eyer [39]
Ser gouda / Gouda cheese	100	Fox i wsp. [12]
Ser parmesan / Parmesan cheese	68	Sieber i Eyer [39]
Ser mozzarella / Mozzarella cheese	65	Fox i wsp. [12]
Ser topiony / Processed cheese	86	Fox i wsp. [12]
Twaróg / Curd cheese	17	Sieber i Eyer [39]
Ser wiejski / Cottage cheese	13	Fox i wsp. [12]
Masło / Butter	239	Sieber i Eyer [39]
Masło / Butter	192	Russel i Gray [34]
Mleko w proszku / Powdered milk	88 - 112	Russel i Gray [34]
Serwatka / Whey	2 - 3	Russel i Gray [34]
Kazeina podpuszczkowa / Rennet casein	13 - 15	Russel i Gray [34]
Kazeina kwaśna / Acid casein	22	Russel i Gray [34]

W wielu publikacjach poziom cholesterolu w produktach mleczarskich przedstawiany jest w przeliczeniu na 1 g lub 100 g tłuszczu. W tab. 2. przedstawiono wyniki różnych autorów, dotyczące zawartości cholesterolu w produktach mleczarskich w przeliczeniu na 100 g tłuszczu.

Russel i Gray [34] podają, że poziom cholesterolu w pełnym mleku i produktach mleczarskich wysokotłuszczowych w przeliczeniu na gram tłuszczu wynosi około 3 mg, podczas gdy w produktach niskotłuszczowych waha się od 8 do 50 mg/g. Autorzy

ci podkreślają, że wyniki oznaczania poziomu tego składnika w produktach mleczarskich zależą od dokładności ekstrakcji tłuszczu z badanych próbek.

Tabela 2

Zawartość cholesterolu w tłuszczu produktów mleczarskich.  
Content of cholesterol in dairy products.

Produkt / Product	Zawartość cholesterolu [mg/100 g tłuszczu] The content of cholesterol [mg/100 g of fat]	Autor / Author
Mleko surowe / Raw milk	210	Grega i wsp. [14]
Mleko surowe / Raw milk	265	Precht [30]
Mleko surowe / Raw milk	303	Antila I Antila [3]
Mleko spożywcze 2% / Pasteurized milk, 2% fat	229	Grega i wsp. [14]
Mleko spożywcze 3,2% / Pasteurized milk, 3.2% fat	242	Grega i wsp. [14]
Mleko UHT 0,5 % / UHT milk, 0.5% fat	308	Grega i wsp. [14]
Mleko UHT 2% / UHT milk, 2.0% fat	311	Grega i wsp. [14]
Mleko UHT 3,2% / UHT milk, 3.2% fat	355	Grega i wsp. [14]
Mleko zagęszcz. niesłodzone / Condensed milk without sugar	375	Grega i wsp. [14]
Mleko zagęszcz. słodzone / Condensed milk with sugar	370	Grega i wsp. [14]
Mleko w proszku pełne / Powdered, full-fat milk	367	Grega i wsp. [14]
Śmietana* / Cream	120 - 135	Talpur i wsp. [40]
Masło (kraje europejskie) / Butter (European countries)	258	Precht [30]
Masło* / Butter	152 - 200	Talpur i wsp. [40]
Ser cheddar* / Cheddar cheese	119 - 148	Talpur i wsp. [40]
Ser topiony* / Processed cheese	138 - 179	Talpur i wsp. [40]
Jogurt* / Yoghurt	114 - 136	Talpur i wsp. [40]

\*produkty z mleka mieszanego (krowie z bawolim) / products from mixed milk (cow's and buffalo's milk)

Zdaniem Kovacs i wsp. [24] oraz Ceruttiego i wsp. [7] produkty mleczarskie niskotłuszczowe wykazują większy udział cholesterolu w 100 g tłuszczu, w porównaniu z produktami mleczarskimi wysokotłuszczowymi, ponieważ zawierają one głównie małe kuleczki tłuszczowe o stosunkowo dużej powierzchni, która umożliwia gromadzenie się cholesterolu. Badania obrazu kuleczek tłuszczowych wykazały, że cholesterol umiejscawia się między membraną kuleczek tłuszczowych a triacyloglicerolami [25]. Cerutti i wsp. [7] uważają, że przyczyną wzrostu poziomu cholesterolu w tłuszczu mleka chudego w porównaniu z pełnym jest wpływ procesu odtłuszczania, którego efektem jest po-

zostanie w mleku chudym małych kuleczek tłuszczowych. Odmienne wyniki uzyskali Grega i wsp. [14], którzy stwierdzili, że tłuszcz mleka spożywczego (pasteryzowanego i sterylizowanego) niskotłuszczowego (0,5 i 2 %) charakteryzuje się niższym poziomem cholesterolu w porównaniu z tłuszczem mleka wysokotłuszczowego (3,2 %).

#### *Wpływ obróbki termicznej na poziom cholesterolu w produktach mleczarskich*

Istotne różnice poziomu cholesterolu występują także w produktach o takiej samej zawartości tłuszczu, ale poddanych obróbce termicznej w różnej temperaturze. Szczególnie widoczne jest to przy porównaniu mleka spożywczego 2 i 3,2 % oraz mleka UHT o takiej samej zawartości tłuszczu [14]. Z badań Gregi i wsp. [14] wynika, że tłuszcz mleka surowego zawiera mniej cholesterolu niż tłuszcz mleka pasteryzowanego i sterylizowanego. Przy czym, tłuszcz mleka sterylizowanego jest bardziej zasobny w ten składnik w porównaniu z pasteryzowanym o takiej samej zawartości tłuszczu. Np. w mleku pasteryzowanym o zawartości 3,2 % tłuszczu poziom cholesterolu wynosi 242 mg/100 g tłuszczu, natomiast w sterylizowanym o tej samej zawartości tłuszczu – 355 mg/100 g tłuszczu. Cerutti i wsp. [7] również dowiedli, że w tłuszczu mleka UHT jest więcej cholesterolu niż w tłuszczu mleka termizowanego.

#### *Wpływ homogenizacji na poziom cholesterolu w produktach mleczarskich*

Badając wpływ procesu homogenizacji na poziom cholesterolu w mleku krowim Keenan i wsp. [20], stwierdzili, że proces ten zmienia skład kuleczek tłuszczowych, zwiększając w nich zawartość protein i zmniejszając poziom lipidów ogółem, fosfolipidów oraz cholesterolu w porównaniu z kuleczkami w mleku nie poddanym homogenizacji.

#### *Wpływ kultur starterowych na poziom cholesterolu w produktach mleczarskich*

Poziom cholesterolu w produktach mleczarskich jest uzależniony od rodzaju użytych kultur starterowych [24]. Kiswa i wsp. [21] stwierdzili, że poziom cholesterolu w maśle był mniejszy przy wyższej kwasowości plazmy oraz przy zastosowaniu w procesie biologicznego dojrzewania śmietanki ze szczepami bakterii *Lactobacillus acidophilus*. Z badań Juskiewicza i Panfil-Kunczewicz [18] wynika, że dodatek kultur zawierających: *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* i *Lactobacillus acidophilus* powoduje znacząco mniejsze obniżenie poziomu cholesterolu w jogurcie niż dodatek kultur: *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Jednocześnie zaobserwowano większy spadek poziomu cholesterolu przy mniejszej zawartości tłuszczu w jogurtach.

Hang i Luo [17] przeprowadzili doświadczenie, którego celem była ocena możliwości redukcji cholesterolu w śmietance przez wybrane szczepy bakterii kwaszących.



Stwierdzono, że po 24-godzinnej inkubacji niektóre szczepy *Lactobacillus acidophilus* i *Lactococcus diacetilactis* powodowały redukcję poziomu cholesterolu do 45 %.

Stopień redukcji cholesterolu w mleku przez immobilizowane w alginianie sodu bakterie *Lactobacillus acidophilus* ATCC1643 oceniali Serajzadeh i Alemzadeh [37]. Stwierdzili, że immobilizowane komórki bakteryjne w znacznie większym stopniu obniżają poziom cholesterolu w mleku niż komórki wolne.

Absorpcję cholesterolu z mleka przez kultury kefirowe (o składzie paciorkowce, pałeczki mlekowe, bakterie fermentacji octowej i drożdże) po 24-godzinnej inkubacji, a następnie po 48 h przechowywania w warunkach chłodniczych oceniali Vujicic i wsp. [43]. Stwierdzili, że poziom cholesterolu w świeżych kefirach stanowił 84 %, a w przechowywanych 41 % zawartości w mleku.

#### *Wpływ procesów technologicznych na poziom cholesterolu w serach*

Kisza i wsp. [22] porównywali zmiany zawartości cholesterolu w serach dojrzewających podpuszczkowych w stosunku do surowca. Wykazali, że w serach twardych dojrzewających, zmniejszenie poziomu cholesterolu w przeliczeniu na 1 g tłuszczu w stosunku do mleka było większe niż w serach miękkich pleśniowych. W przypadku sera gouda spadek ten wynosił 35,9 %, emmentalera – 30,9 %, a camemberta 18,9 %. Zdaniem wymienionych autorów redukcja ta spowodowana była przejściem cholesterolu do serwatki z kuleczkami tłuszczowymi o małej średnicy, ale o dużej w stosunku do ich masy powierzchni otoczek, co w konsekwencji przyczyniło się do wzrostu zawartości cholesterolu w 1 g tłuszczu w serwatce. Różnice pomiędzy redukcją cholesterolu w badanych serach twardych były spowodowane zastosowaniem różnych kultur starterowych i odmiennym procesem technologicznym, m.in. dojrzewaniem [22]. W przypadku serów miękkich pleśniowych stosowany jest odmienny (łagodniejszy) proces produkcji niż w przypadku serów twardych, zatem mniejsza ilość cholesterolu przechodzi do serwatki, co skutkuje mniejszą redukcją cholesterolu w serze. Kisza i wsp. [22] stwierdzili również redukcję cholesterolu w 1 g tłuszczu w twarogach w stosunku do mleka wynoszącą około 24 %, na co, ich zdaniem, wpływa stosunkowo długi czas inkubacji i wysoka temperatura krzepnięcia.

#### *Czynniki warunkujące poziom produktów utleniania cholesterolu (PUCh) w wyrobach mleczarskich*

Cholesterol w kontakcie z powietrzem ulega autooksydacji, a stopień powstawania produktów utleniania cholesterolu (PUCh) zależy głównie od warunków przechowywania [2]. Produkty utleniania cholesterolu (PUCh) mają strukturę podobną do cząsteczki cholesterolu. Należą do substancji o wysokiej toksyczności. Są związkami charakteryzującymi się wysoką reaktywnością, są inicjatorami procesów wolnorodnikowych, których konsekwencją mogą być zmiany arterogenne i nowotworowe. Mogą

oddziaływać na metabolizm komórkowy i transport kwasów tłuszczowych, co może powodować zmiany w składzie i transporcie triacylogliceroli do komórek naczyń krwionośnych. PUCH mogą całkowicie zmienić strukturę fosfolipidów, co prowadzi do uszkodzenia błon komórkowych. Produkty utleniania cholesterolu wykazują działanie cytotoksyczne, angiotoksyczne oraz mutagenne [35, 44]. Do najbardziej bioaktywnych i cytotoksycznych PUCH należą: 25-hydroksycholesterol, cholestantriol, 7 $\alpha$ - i 7 $\beta$ -hydroksycholesterol, 7-ketocholesterol, epoksydowe pochodne cholesterolu. W mleku pełnym znajduje się 20 – 30 mg PUCH/kg [35, 44]. Źródłem PUCH w organizmie są czynniki egzogenne (dieta) oraz endogenne. Powstają one w wyniku reakcji nieenzymatycznych, jak działanie reaktywnych form tlenu czy produktów peroksydacji lipidów oraz przy udziale enzymów.

Sieber [38] podaje, że zawartość PUCH w produktach mleczarskich jest mała, chyba, że są one podczas przechowywania narażone na silne oddziaływanie tlenu albo światła i tlenu. Rose-Sallin i wsp. [33] oceniali wpływ warunków przechowywania i wysokiej temperatury na powstawanie oksysteroli w produktach mleczarskich. Stwierdzili, że zawartość oksysteroli w świeżym serze, tłuszczu mlecznym i w mleku w proszku jest znikoma, nie zmienia się podczas przechowywania w niskiej temperaturze oraz przy braku dostępu światła i tlenu. Ogrzewanie tłuszczu w temperaturze 170 do 210 °C powoduje powstanie niewielkiej ilości oksysteroli, natomiast topienie serów nie powoduje utleniania cholesterolu. Wzrost zawartości produktów utleniania cholesterolu o 10 – 15 % stwierdzono w serach przechowywanych przez kilka miesięcy w niskiej temperaturze, w świetle fluorescencyjnym oraz w proszku mlecznym po rocznym przechowywaniu w atmosferze tlenu, w temperaturze 30 °C. Świadczy to o wysokiej stabilności cholesterolu w produktach mleczarskich. Odmienne wyniki przedstawiają Wilczak i Kulasek [44], według których przetwarzanie produktów zawierających cholesterol, a w szczególności procesy termiczne, jak suszenie rozpyłowe, znacznie zwiększa zawartość produktów utleniania cholesterolu. W klarowanym maśle (ogrzewanie w temp. ok. 150 °C, 20 - 30 min, bez utleniaczy) PUCH mogą stanowić nawet kilkadziesiąt procent ogólnej ilości cholesterolu. Finocchiaro i wsp. cytowani przez Sandera i wsp. [35] nie wykryli PUCH w świeżym bezwodnym tłuszczu, ale już po 22 dniach przechowywania w temp. 15 °C analiza wykazała obecność 7 $\alpha$ - i 7 $\beta$ -hydroksycholesterolu, których zawartość znacznie się zwiększyła po 15 miesiącach przechowywania. Skutkiem przechowywania masła w temp.: -26, 4 i 16 °C przez 6 miesięcy była obecność PUCH, przy czym dominowały  $\alpha$ - i  $\beta$ -epoksyd oraz 7 $\beta$ -hydroksycholesterol [35]. Nie stwierdzono jednak zależności pomiędzy temperaturą przechowywania a zawartością PUCH. Podobnie nie wykazano wzrostu zawartości produktów utleniania cholesterolu w serach podczas przechowywania przez 7 miesięcy, natomiast niewielki wzrost zawartości tych związków wystąpił w kilkumiesięcznych rozdrobnionych serach parmezan i romano. Angulo i wsp. [2] badali zawartość

produktów utleniania cholesterolu w pełnym i odtłuszczonym proszku mlecznym, przechowywanym przez rok bez dostępu światła w temp. 32 i 55 °C w atmosferze azotu lub powietrza. Stwierdzono ścisłą zależność pomiędzy temperaturą i czasem przechowywania a ilością PUCh. Długi okres przechowywania powodował wzrost zawartości przede wszystkim 7-ketocholesterolu i 7 $\beta$ -hydroksycholesterolu, będących skutkiem autooksydacji. W atmosferze azotu pojawiał się cholestantriol i  $\alpha$ -epoksyd, co wskazuje na podwójny mechanizm oksydacji – tlenem z powietrza i poprzez wolne rodniki. W przypadku przechowywania proszku mlecznego odtłuszczonego w atmosferze azotu w temp. 55 °C, pojawienie się PUCh było powiązane z reakcją Maillarda. Również Chan i wsp. [8] badali wpływ metody produkcji mleka w proszku, pakowania i czasu przechowywania na powstawanie produktów utlenienia cholesterolu. Stwierdzili, że istnieje wysoka dodatnia korelacja między procesem utleniania tłuszczu a zawartością produktów utleniania cholesterolu w proszku mlecznym ( $r = 0,89$ ).

### Podsumowanie

Zawartość cholesterolu w produktach mleczarskich jest zróżnicowana i skorelowana z zawartością tłuszczu. Najmniej cholesterolu w 100 g produktu zawiera serwatka, mleko, napoje fermentowane i sery twarogowe. Znacznie więcej cholesterolu jest w serach podpuszczkowych, śmietanie i maśle. Poziom cholesterolu w mleku determinowany jest przez gatunek i rasę zwierzęcia, okres laktacji, wiek, żywienie i stan zdrowotny wymienia. Poziom cholesterolu w produktach mleczarskich zależy od operacji, jakim poddawane jest mleko lub produkt: standaryzacja zawartości tłuszczu, homogenizacja, pasteryzacja, dodatek kultur starterowych i in. Przy zastosowaniu typowych procesów technologicznych oraz przy przechowywaniu w normatywnym czasie w odpowiednich warunkach produkty mleczarskie nie są źródłem szkodliwych dla zdrowia produktów utleniania cholesterolu (PUCh).

### Literatura

- [1] Agarwal V.K., Narayanan K.M.: Influence of mastitis on the physical-chemical status of milk lipids. III. Unsaponifiable constituents. *Indian J. Dairy Sci.* 1977, **30** (4), 343-346.
- [2] Angulo A., Romera J., Ramirez M., Gil A.: Determination of cholesterol oxides in dairy products. Effect of storage condition. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, **11**, 4318-4323.
- [3] Antila P., Antila V.: The effect of mastitis on the riboflavin, vitamin C, and cholesterol content's of cow's milk. *Meijeritieteellinen Aikakauskrija*, 1979, **37**, 23-32.
- [4] Bitman J., Wood D., Miller R.: Comparison of lipid composition of milk from Half-Danish Jersey cows and United States Jersey Cows. *J. Dairy Sci.* 1994, **78**, **3**, 655-658.
- [5] Brzóska F., Gąsior R., Sala K., Zyzak W.: Modyfikowanie walorów dietetycznych tłuszczu mlecznego krów przy użyciu soli CaKT oleju lnianego i rybnego. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2000, **6** Supl., 24-28.
- [6] Brzóska F.: Możliwości obniżenia zawartości cholesterolu w mleku krów. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **49**, 2.


- [7] Cerutti G., Machado M.A., Ribolzi L.: Distribution of cholesterol in milk dairy products. *Latte*, 1993, **18 (11)**, 1102-1108.
- [8] Chan S.H., Gray J.I., Gomaa E.A., Harte B.R., Kelly P.M., Buckley D.J.: Cholesterol oxidation in whole milk powders as influenced by processing and packaging. *Food Chemistry*. 1993, **47 (4)**, 321-328.
- [9] Cichosz G., Czczot H.: Cholesterol pokarmowy a zagrożenie miażdżycą. *Przegl. Mlecz.*, 2006, **12**, 8-12.
- [10] Ciuryk S., Molik E., Pustkowiak H.: Zmiany poziomu kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mleku polskich owiec długowłnistych w okresie mlecznego użytkowania. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2001, **12 Supl.**, 147-151.
- [11] Fernandez- San J.P.M.: Variations in the cholesterol content of butter fat. *Indian J. Dairy Sci.*, 1987, **40 (1)**, 55-57.
- [12] Fox P.F., McSweeney P.L.H. Cogan T.M., Guinee T.P.: *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*, v. 1. General aspects. Elsevier Academic Press, 2004, pp. 572-581.
- [13] Gawęcki J., Hryniewiecki L.: *Żywnienie człowieka*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2005.
- [14] Grega T., Sady M., Pustkowiak H.: Poziom cholesterolu i kwasów tłuszczowych w różnych rodzajach mleka spożywczego. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Technologia Żywności*. 2000, **12, 367**, 85-90.
- [15] Grega T., Sady M., Kraszewski J.: Przydatność technologiczna mleka krów rasy Simental. *Rocz. Nauk. Zoot. – Ann. Animal Sci.*, 2000, **27, 1**, 331-339.
- [16] Grega T., Sady M., Farot A., Pustkowiak H.: Jakość tłuszczu mleka wybranych ras krów. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Technol. Żywności.*, 1998, **10, 342**, 49-59.
- [17] Hang J.C., Luo C.Y.: Cholesterol removal from foods using lactic acid bacteria. *Food Sci., China*. 1998, **19 (3)**, 20-22.
- [18] Juśkiewicz M., Panfil-Kuncewicz H.: Reduction of cholesterol content in milk with dairy thermophilic cultures application. *Milchwissenschaft*, 2003, **58 (7, 8)**, 370-373.
- [19] Kączkowski J.: *Podstawy biochemii*. WNT, Warszawa 2004.
- [20] Keenan T.W., Moon T.W., Dylewski D.P.: Lipid globules retain globule membrane material after homogenization. *J. Dairy Sci.* 1983, **66 (2)**, 196-203.
- [21] Kiszka J., Staniewski B., Juśkiewicz M., Rosiński P.: Reduction of cholesterol in butter depending cream acidity. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1996, **5/46, 4**, 19-28.
- [22] Kiszka J., Juśkiewicz M.: Changes of fat and cholesterol during the manufacture of some cheeses. *Pol. J. Food Nutri. Sci.*, 1998, **7/48, 2**, 251-258.
- [23] Koolman J., Röhm K.: *Biochemia*. Ilustrowany przewodnik. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2005.
- [24] Kovacs A., Dulicsek R., Varga L., Szigeti J., Herpai Z.: Relationship between cholesterol and FAT contents of commercial dairy products. *Acta Alimentaria*. 2004, **33**, 387-395.
- [25] Martin R.W.: Electron microscopic localization of cholesterol in bovine milk fat globules. *Food Microstructure*, 1989, **8 (1)**, 3-9.
- [26] Misri J., Gupta P.P., Ahuja S.P.: Biochemical changes in milk in experimental mycoplasmal mastitis in goats. *Acta Veterinaria Brno*, 1988, **57 (1, 2)**, 19-30.
- [27] Nałęcz-Tarwacka T., Grodzki H., Kuczyńska B.: Przydatność nasion lnu do modyfikacji składników frakcji tłuszczowej mleka krów. *Med. Wet.*, 2008, **64 (1)**, 85-87
- [28] Pagliarini E., Solaroli G., Peri C.: Chemical and physical characteristics of mare's milk. *Italian J. Food Sci.*, 1993, **5 (4)**, 323-332.
- [29] Pikul L., Wójtowski J.: Fat and cholesterol content and fatty acid composition of mare's colostrums and milk during five lactation months. *Levestock Sci.*, 2008, **113 (2, 3)**, 285-290.
- [30] Precht D.: Cholesterol content in European bosine milk fats. *Nahrung* 2001, **45 (1)**, 2-8.

- [31] Reklewska B., Bernatowicz E., Reklewski Z., Kuczyńska B., Zdziarski K., Sakowski T., Słoniewski K.: Functional components of milk produced by Polish Black-and-White, Polish Red and Simmental cows. *EJPAU*, 2005, v.8, issue 3, <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-25.html>
- [32] Reklewska B., Oprządek A., Reklewski Z., Panicke L., Kuczyńska B., Oprządek J.: Alternative for modifying the fatty acid composition and decreasing the cholesterol level in the milk of cows. *Livestock Production Sci.*, 2002, **76**, 235-243.
- [33] Rose-Sallin C., Sieber R., Bosset J.O., Tabacchi R.: Effect of storage or heat treatment on oxysterols formation in dairy products. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 1997, **30** (2), 170-177.
- [34] Russel C.E., Gray I.K.: The cholesterol content of dairy products. *New Zealand J. Dairy Sci. Technol.*, 1979, **14** (3), 281-289.
- [35] Sander B., Smith D., Addis P.: Effects of processing stage and storage condition on cholesterol oxidation products in butter and Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 1988, **171**, **12**, 3173-3178.
- [36] Sankhla A.K., Yadava R.K.: A comparison of unsaponifiable matter and physical-chemical constant of milk fat from various species. *Indian J. Dairy Sci.* 1981, **34** (3), 327-330.
- [37] Serajzadeh S., Alemzadeh I.: Milk cholesterol reduction using immobilized *Lactobacillus acidophilus* ATCC1643 in sodium alginate. *Int. J. Food Eng.*, 2008, 4.
- [38] Sieber R.: Oxidized cholesterol in milk and dairy products. *Int. Dairy J.*, 2005, **15** (3), 191-206.
- [39] Sieber R., Eyer H.: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Ed. Roginski H., Fuquay J.W., Fox P.F. 2003, pp. 1611-1617.
- [40] Talpur F.N., Bhanger M.I., Memon N.N.: Fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid (CLA) and cholesterol content of Pakistan dairy products. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, **58** (3), 313-320.
- [41] Tomaszewski A.: Kształtowanie się zawartości cholesterolu w mleku krów rasy czarno-białej. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, seria: Rozprawy, 2005, nr 235.
- [42] Tomaszewski A., Hibner A.: Zawartość cholesterolu w mleku krów rasy czarno-białej. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 2001, **429**, 155-161.
- [43] Vujicic I.F., Vuli M., Konyves T.: Assimilation of cholesterol in milk by kefir cultures. *Biotechnology Letters*. 1992, **14** (9), 847-850.
- [44] Wilczak J., Kulasek G.: Produkty utlenienia cholesterolu w produktach pochodzenia zwierzęcego – wpływ na zdrowie zwierząt i ludzi. *Życie Wet.*, 2004, **79**, **9**, 509-514.
- [45] Wrzoł J., Brzóska F., Szarek J.: Wpływ poziomu jodu i selenu w dawkach pokarmowych na wydajność krów i skład kwasów tłuszczowych mleka. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 1999, **26**, **3**, 159-173.

#### CONTENT OF CHOLESTEROL AND ITS DERIVATIVES IN MILK AND DAIRY PRODUCTS – RAW MATERIAL-DEPENDING AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS

##### S u m m a r y

The presented research results refer to the factors determining the content of cholesterol and its oxidation products (COP) in dairy products. The impact of the following factors is described: animal species and breed, lactation phase, feeding methods, and health condition of udder on the cholesterol level in raw milk. The effect of technological factors on the cholesterol levels in dairy products was considered, especially of thermal treatment milk and its homogenization, addition of starter cultures showing different compositions, and storage conditions. The factors determining the formation of COP in dairy products are characterized.

**Key words:** milk, dairy products, raw material-depending and technological conditions, cholesterol, products of cholesterol oxidation 

JAROSŁAWA RUTKOWSKA, AGATA ADAMSKA, MAŁGORZATA BIAŁEK

## PORÓWNANIE SKŁADU KWASÓW TŁUSZCZOWYCH ZAWARTYCH W TŁUSZCZU MLEKA KLACZY I KRÓW

### Streszczenie

Celem pracy była ocena składu kwasów tłuszczowych (KT) tłuszczu mlecznego klaczy i porównanie ze składem KT tłuszczu mleka krowiego, ze szczególnym uwzględnieniem KT istotnych w żywieniu człowieka. Materiał badawczy stanowiło 10 prób mleka klaczy i 10 prób mleka krowiego, pobieranych od zwierząt w okresie żywienia zimowego i letniego, z regionu mazowieckiego. W próbach oznaczano zawartość substancji tłuszczowej, stosując metodę Rose-Gottlieba oraz skład KT z użyciem chromatografii gazowej (GC). Analiza składu KT mleka klaczy wykazała dużą zawartość nasyconych KT: kaprylowego C8:0 (od 2,81 do 5,17 %), kaprynowego C10:0 (od 6,30 do 11,34 %) i laurynowego C12:0 (od 6,94 do 9,79 %). Nienasycone KT mleka klaczy były reprezentowane głównie przez: kwas linolowy C18:2 9c12c (od 12,29 do 13,78 %) i  $\alpha$ -linolenowy C18:3 9c12c15c (od 3,74 do 5,10 %). Mleko krowie wyróżniała większa zawartość następujących nasyconych KT: masłowego C4:0 (od 2,37 do 2,63 %), kapronowego C6:0 (od 1,78 do 2,06 %) i stearynowego C18:0 (od 10,77 do 10,89 %) oraz znacznie mniejsza zawartość wielonienasyconych KT: linolowego (od 1,17 do 1,22 %) i  $\alpha$ -linolenowego (od 0,38 do 0,48 %). W tłuszczu mleka krowiego występowały przede wszystkim specyficzne KT syntetyzowane w procesie biouwodorowania, tj. kwas wakceny C18:1 11t oraz CLA C18:2 9c11t. Zawartość KT w mleku obu gatunków zwierząt charakteryzowała się dużą zmiennością w zależności od sezonu.

**Słowa kluczowe:** mleko klaczy, mleko krowie, skład kwasów tłuszczowych

### Wprowadzenie

W europejskiej strefie geograficznej najszersze zastosowanie w żywieniu człowieka ma mleko krowie. Natomiast mleko klaczy jest jednym z podstawowych produktów żywnościowych wykorzystywanych przez ludzi w regionie centralnej Azji. Podstawowym produktem żywnościowym wytwarzanym z mleka klaczy w procesie fermentacji jest tradycyjny napój o nazwie kumys, produkowany obecnie na skalę przemysłową. Mleko klaczy wzbudza zainteresowanie wśród naukowców w Europie

---

*Dr inż. J. Rutkowska, mgr inż. A. Adamska, mgr inż. M. Białek, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa*

ze względu na swój specyficzny skład [6, 10]. We Włoszech trwają badania nad zastosowaniem mleka klaczy jako substytutu mleka krowiego w żywieniu dzieci z alergią. Dotychczas przeprowadzone doświadczenia dowodzą, że 96 % dzieci z alergią na mleko krowie, toleruje mleko klaczy [3]. Dalsze badania nad mlekiem klaczy pozwolą wyznaczyć nowe kierunki zastosowania tego produktu w żywieniu człowieka.

Mleko klaczy znacznie różni się składem w porównaniu z mlekiem krowim. Produkt ten charakteryzuje się większą zawartością cukru mlekowego (laktozy, na poziomie 5,8 - 7,0 g/100 ml), mniejszą zawartością białka (na poziomie 1,3 - 2,8 g/100 ml) oraz mniejszą zawartością tłuszczu (1,2 - 2,95 g/100 ml). Różnice dotyczą również składu oraz zawartości składników mineralnych i witamin [10, 11].

Stwierdzono również różnice w składzie kwasów tłuszczowych (KT) w porównaniu z mlekiem innych ssaków [10]. Na ilościowe i jakościowe różnice składu KT tłuszczu mlekowego klaczy i krowiego miały wpływ głównie: sposób żywienia oraz budowa przewodu pokarmowego tych gatunków zwierząt. W przewodzie pokarmowym klaczy zachodzą znikome, lub w ogóle nie zachodzą, procesy hydrogenacji, natomiast w przewodzie pokarmowym krów są one powszechne i bardzo złożone. Zróżnicowane funkcje i różnorodność procesów zachodzących w przewodzie pokarmowym klaczy i krowy są przyczyną różnorodnego składu mleka obydwu gatunków zwierząt.

Celem pracy była ocena składu kwasów tłuszczowych (KT) tłuszczu mlekowego klaczy i porównanie ze składem KT tłuszczu mleka krowiego, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zawartość KT istotnych w żywieniu człowieka.

### **Materiał i metody badań**

Materiał badawczy stanowiło 10 prób mleka klaczy i 10 prób mleka krów pobieranych w okresie żywienia zimowego (oborowego) i letniego (pastwiskowego), z regionu mazowieckiego.

Próby mleka klaczy pochodziły od dwóch klaczy rasy polskiej zimnokrwistej, które były w tym samym okresie laktacji w momencie pobierania prób. Do badań pobrano 5 prób mleka od pierwszej klaczy w okresie żywienia zimowego – w lutym oraz 5 prób mleka od drugiej klaczy w okresie żywienia letniego – w czerwcu. Żywienie zimowe klaczy składało się z: siana, owsa i słomy owsianej. Żywienie letnie obejmowało: duży udział trawy oraz niewielką ilość owsa.

W przypadku mleka krowiego próby pochodziły od reprezentatywnego dla regionu mazowieckiego stada bydła rasy czarno-białej z domieszką rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Próby mleka krowiego były również pobierane w lutym i czerwcu. Żywienie zimowe krów składało się z: kiszonki z kukurydzy, kiszonki z trawy, mieszanki paszowej, siana. Żywienie pastwiskowe obejmowało: trawę, mniejsze niż w okresie żywienia oborowego ilości kiszonki z kukurydzy, kiszonki z trawy, mieszanki paszowej.

Ekstrakcję i oznaczenie zawartości substancji tłuszczowej z prób mleka wykonywano w trzech powtórzeniach metodą Rose-Gottlieba – IDF-ISO-AOAC Nr 905.02 [1]. Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowano wg AOAC Method Nr 963.22 [2]. Transmetylację prób prowadzono przy użyciu mieszaniny stężonego kwasu siarkowego(VI) (95 %) i metanolu, a następnie bezpośrednio konwersję do estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME).

Analizę profilu kwasów tłuszczowych jako estrów metylowych (FAME) substancji tłuszczowej wyekstrahowanej z mleka prowadzono techniką chromatografii gazowej (GC) wg PN-EN ISO 5508 [13], wykorzystując aparat HP-Agilent 6890N. Zastosowano kolumnę z wysokopolarną fazą stacjonarną Rtx 2330 (dł. 100 m; 0,25 mm ID; 0,2  $\mu$ m Th.) (Restek Corp. USA) 0,25 mm. Do identyfikacji KT zastosowano wzorzec Supelco 37 No:47885-U (Sigma Aldrich). Rezultaty wyrażano w postaci udziału procentowego w całkowitej ilości estrów metylowych.

Analizę statystyczną przeprowadzono w celu stwierdzenia istotności różnic wartości poszczególnych KT w tłuszczu mlecznym kłaczy i krów, wykorzystując program Statistica 9 PL (StatSoft, Inc. 2010). Procentową zawartość KT w tłuszczu mlecznym kłaczy i krowy, jako próby niezależne, porównywano z wykorzystaniem testu t-Studenta. Testowanie prowadzono na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

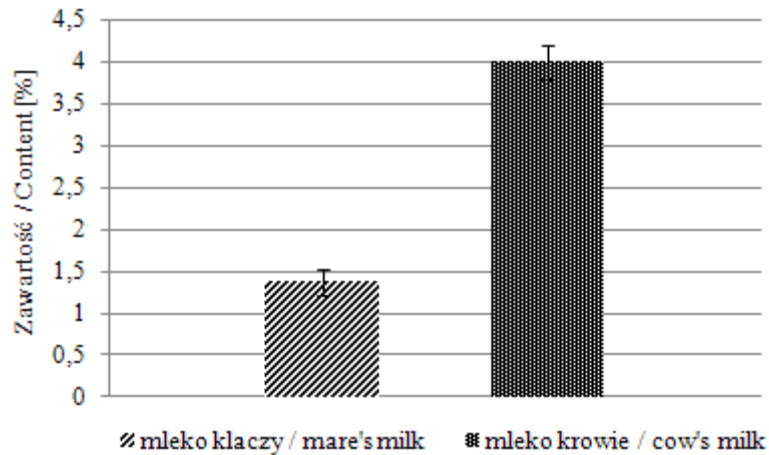
### *Zawartość substancji tłuszczowej w badanych próbach*

W próbach mleka kłaczy stwierdzono znacznie mniejszą zawartość substancji tłuszczowej, średnio 1,37 g/100 g mleka, w porównaniu z próbami mleka krowiego, w których średnia zawartość tłuszczu wynosiła 4,00 g/100 g mleka (rys. 1). Wyniki te były niższe od otrzymanych przez Pikula i Wójtowskiego [12], którzy w mleku kłaczy oznaczyli 2,06 g suchej masy w 100 g mleka. Należy podkreślić, że badania zostały przeprowadzone w tym samym miesiącu laktacji, co analizowane próby. Większą zawartość substancji tłuszczowej stwierdzono również w badaniach Hoffmana i wsp. [8], wynosiła ona średnio 2,08 g/100 g mleka również w pierwszym miesiącu laktacji. Przyczynę tych różnic można wyjaśnić odmiennym sposobem żywienia zwierząt.

### *Identyfikacja składu KT w mleku kłaczy*

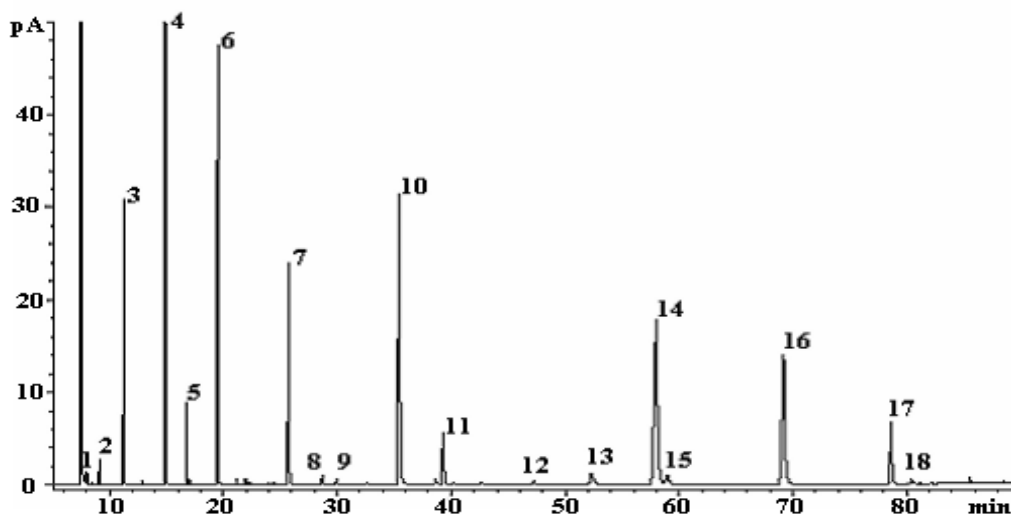
Przykładowy rozdział i identyfikację KT w tłuszczu mlecznym kłaczy metodą GC przedstawiono na chromatogramie zamieszczonym na rys. 2.





Rys. 1. Średnia zawartość substancji tłuszczowej w próbach mleka klaczy i krowy.

Fig. 1. Average content of fatty matter in cow's and mare's milk samples.



Identyfikacja/Identification: 1-C4:0; 2-C6:0; 3-C8:0; 4-C10:0; 5-C10:1; 6-C12:0; 7-C14:0; 8-C14:1; 9-C15:0; 10-C16:0; 11-C16:1; 12-C17:1; 13-C18:0; 14-C18:1 9c; 15-C18:1 11c; 16-C18:2 9c12c; 17-C18:3 9c12c15c; 18-C18:2 9c11t.

Rys. 2. Rozdział i identyfikacja kwasów tłuszczowych w tłuszczu mlecznym klaczy metodą GC.

Fig. 2. Separation and identification of fatty acids in mare's milk fat by GC method.

W analizowanych próbach substancji tłuszczowej mleka klaczy zidentyfikowano 18 KT. W grupie krótkołańcuchowych nasyconych KT C4:0-C10:0 (SCSFA) były to kwasy: masłowy C4:0, kapronowy C6:0, kaprylowy C8:0, kaprynowy C10:0. Wśród

kwasów nasyconych średnio- i długołańcuchowych oznaczono: laurynowy C12:0, mirystynowy C14:0, pentadecanowy C15:0, palmitynowy C16:0 oraz stearynowy C18:0. Kwasy jednonienasycone – MUFA były reprezentowane przez: decenowy C10:1, tetradecenowy C14:1, palmitooleinowy C16:1, margarooleinowy C17:1, oleinowy C18:1 9c i oktadecenowy C18:1 11c. W grupie kwasów wielonienasyconych – PUFA stwierdzono obecność kwasu linolowego C18:2 9c12c, kwas  $\alpha$ -linolenowego C18:3 9c12c15c, oraz sprzężonego kwasu linolowego C18:2 9c11t. Podobny skład KT stwierdzono w badaniach Pikula i Wójtowskiego [12] oraz Csapo i wsp. [5].

#### *Porównanie składu KT tłuszczu mlecznego krów i kłaczy*

Analiza chromatograficzna metodą GC wykazała znaczne zróżnicowanie składu KT tłuszczu mlecznego krów i kłaczy. W tab. 1. przedstawiono zawartość kwasów tłuszczowych w tłuszczu mlecznym pochodzącym od dwóch gatunków ssaków z okresu żywienia zimowego (oborowego) i letniego (pastwiskowego). Analiza statystyczna wykazała istotne różnice pod względem zawartości i składu kwasów tłuszczowych ( $p < 0,05$ ) tłuszczu mlecznego pomiędzy badanymi gatunkami zwierząt.

SCSFA są cennym składnikiem lipidów zwierzęcych niewystępującym w tłuszczach roślinnych. Ich prozdrowotny wpływ przejawia się m.in. działaniem przeciwmiażdżycowym i przeciwnowotworowym [14]. Kwasy te wchłaniane są z przewodu pokarmowego bez tworzenia chylomikronów, dzięki czemu nie przyczyniają się do wzrostu poziomu lipidów we krwi, są również niezbędne do właściwego funkcjonowania nabłonka jelita grubego [4, 14]. SCSFA, a w szczególności kwas masłowy C4:0, wykazują również działanie hamujące wzrost drobnoustrojów patogennych [4]. Zarówno w próbach zimowych, jak i letnich, stwierdzono większą zawartość kwasu masłowego C4:0 i kapronowego C6:0 w tłuszczu krowim w porównaniu z tłuszczem mleka kłaczy. W przypadku kwasu kaprylowego C8:0 większą zawartość oznaczono w tłuszczu mlecznym kłaczy: 2,81 % w próbach zimowych i 5,17 % w próbach letnich, natomiast w mleku krowim odpowiednio 1,03 i 1,12 %. Szczególnie istotnym KT spośród SCSFA, odróżniającym tłuszcz mleczny obu gatunków ssaków, był kwas kaprynowy C10:0. W tłuszczu kłaczy jego zawartość była 2- lub 3-krotnie większa (na poziomie 6,30 % w okresie zimowym i 11,34 % w okresie letnim) niż w tłuszczu mleka krowiego (odpowiednio 3,01 i 2,59 %). Nieznacznie mniejsze zawartości wymienionych KT uzyskali Pikul i Wójtowski [12], wg których poszczególne KT stanowiły: kwas masłowy – 0,09 %; kwas kapronowy – 0,19 %; kwas kaprylowy – 2,60 %; kwas kaprynowy – 5,74 %. Natomiast Malacarne i wsp. [10] podali większe zawartości SCSFA (kwas masłowy – 0,20 %; kwas kapronowy – 0,40 %; kwas kaprylowy – 3,30 %; kwas kaprynowy – 8,60 %) w porównaniu z analizowanymi próbkami.

Tabela 1

Skład kwasów tłuszczowych mleka krowiego i mleka klaczy pochodzących z dwóch okresów - okresu żywienia zimowego i okresu żywienia letniego [%].

Fatty acid composition in cow's milk and mare's milk originating from two periods - period of winter feeding and period of summer feeding [%].

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Okres żywienia zimowego Period of winter feeding		Różnice Differences	Okres żywienia letniego Period of summer feeding		Różnice Differences
	Mleko krowie n=5 Cow's milk	Mleko klaczy n=5 Mare's milk		Mleko krowie n=5 Cow's milk	Mleko klaczy n=5 Mare's milk	
SCSFA						
C4:0 masłowy / butyric	2,63	0,13	*	2,37	0,16	*
C6:0 kapronowy / caproic	2,06	0,27	*	1,78	0,39	*
C8:0 kaprylowy / caprylic	1,30	2,81	*	1,12	5,17	*
C10:0 kaprynowy / capric	3,01	6,30	*	2,59	11,34	*
Σ SCSFA	12,67	16,46	*	10,99	26,84	*
MCSFA i / and LCSFA						
C12:0 laurynowy / lauric	3,66	6,94	*	3,12	9,79	*
C14:0 mirystynowy / myristic	12,24	7,29	*	11,03	7,75	*
C15:0 pentadekanowy pentadecanoic	1,11	0,18	*	0,95	0,22	*
C16:0 palmitynowy / palmitic	32,16	23,13	*	30,41	17,92	*
C18:0 stearynowy / stearic	10,89	1,2	*	10,77	1,26	*
Σ MCSFA i LCSFA	56,41	31,8	*	53,16	27,15	*
MUFA						
C10:1 decenowy / decanic	0,33	0,88	*	0,30	1,51	*
C14:1 tetradecenowy tetradecanic	0,26	0,57	*	0,33	0,38	*
C16:1 palmitooleinowy palmitoleic	1,53	5,97	*	1,31	3,21	*
C17:1 margaroleinowy margaroleic	0,27	0,39	*	0,30	0,27	NI/NS
C18:1 9c oleinowy / oleic	18,88	21,91	*	22,42	19,74	*
C18:1 11c oktadecenowy octadecanic	0,63	1,32	*	0,69	0,91	*
C18:1 11t wakcenowy vaccenic	1,08	0,00	*	1,65	0,00	*
Σ MUFA	22,99	31,04	*	27,00	26,03	*
PUFA						
C18:2 9c12c linolowy / linoleic	1,17	12,29	*	1,22	13,78	*

c.d. Tab. 1

C18:3 9c12c15c $\alpha$ -linolenowy $\alpha$ -linolenic	0,38	5,10	*	0,43	3,74	*
C18:2 9c11t CLA	0,43	0,05	*	0,67	0,14	*
$\Sigma$ PUFA	1,98	17,44	*	2,32	17,66	*

\*  $p < 0,05$ ; NI statystycznie istotne / NS statistically insignificant;

SCSFA (Short-Chain Saturated Fatty Acids);

MCSFA i LCSFA (Middle-Chain Saturated Fatty Acids and Long-Chain Saturated Fatty Acids);

MUFA (Monounsaturated Fatty Acids);

PUFA (Polyunsaturated Fatty Acids).

W grupie nasyconych KT: MCSFA i LCSFA na uwagę zasługuje większa zawartość kwasu stearynowego C18:0 w tłuszczu mleka krowiego zarówno z okresu zimowego, jak i z letniego (odpowiednio 10,89 i 10,77 %), w porównaniu z tłuszczem mleka kłaczy (odpowiednio 1,20 i 1,26 %). Kwas stearynowy jest związkiem powstającym w procesie biouwodorowania w żywcu przeżuwaczy, co uzasadnia jego większą zawartość w mleku krowim [16]. Również inni autorzy stwierdzili mniejszą zawartość kwasu stearynowego (od 1,31 do 1,55 %) w tłuszczu mleka kłaczy [5, 12].

Podobnie tłuszcz mleka kłaczy charakteryzowała mniejsza zawartość kwasu mirystynowego C14:0 (7,29 i 7,75 %), podczas gdy w odpowiedniej próbie mleka krowiego stwierdzono: 12,24 i 11,03 % kwasu C14:0. W tłuszczu mleka krowiego stwierdzono również dwukrotnie większą zawartość sumy nasyconych MCSFA i LCSFA (w okresie zimowym 56,41 % i letnim 53,16 %) w porównaniu z mlekiem kłaczy (odpowiednio 31,80 i 27,15 %). Odwrotną tendencję stwierdzono natomiast, porównując zawartość kwasu laurynowego C12:0. Mleko kłaczy charakteryzowało się większą zawartością C12:0 (na poziomie 6,94 % w okresie zimowym i 9,79 % w okresie letnim) niż mleko krowie (zawierające odpowiednio 3,66 i 3,12 % C12:0).

W grupie MUFA głównym KT w tłuszczu mlecznym obu gatunków ssaków był kwas oleinowy C18:1 9c. Stwierdzono statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) zawartości tego kwasu pomiędzy gatunkami ssaków, jednak nie były one tak znaczące, jak w przypadku innych KT. W okresie żywienia zimowego w tłuszczu mleka kłaczy stwierdzono 21,91 %, natomiast w tłuszczu mleka krowiego 18,88 %, kwasu C18:1 9c. W okresie żywienia letniego wykazano odwrotną tendencję dotyczącą zawartości C18:1 9c. W mleku krowim było go 22,42 % a w mleku kłaczy 19,74 %. Zawartość kwasu oleinowego C18:1 9c w mleku kłaczy była podobna do oznaczonej w innych badaniach, wynoszącej 21,92 % [12]. W tłuszczu mleka kłaczy stwierdzono również większą zawartość kwasów: decenowego C10:1, tetradecenowego C14:1, palmitoleinowego C16:1, margarooleinowego C17:1, oktadecenowego C18:1 11c w porównaniu z tłuszczem mleka krowiego, niezależnie od okresu żywienia (tab. 1). Jedynie kwas C17:1 w okresie letnim występował w większych ilościach w tłuszczu mleka krowiego

(tab. 1). Stwierdzono również, że znacznie większym udziałem ilościowym w tłuszczu mleka klaczy charakteryzował się kwas palmitooleinowy C16:1, jego zawartość wynosiła 5,97 % w okresie zimowym i 3,21 % w okresie letnim, natomiast w tłuszczu mleka krowiego była znacznie mniejsza, odpowiednio 1,53 i 1,31 %.

Najistotniejszą cechą odróżniającą skład KT mleka klaczy od krowiego jest obecność kwasu wakcenenowego C18:1 11t, o udowodnionych właściwościach przeciwnowotworowych i przeciwmiażdżycowych. Jest on produktem biouwodorowania nienasyconych KT, charakterystycznym dla zwierząt przeżuwających [15]. W tłuszczu mleka krowiego stwierdzono zawartość kwasu wakcenenowego C18:1 11t wynoszącą 1,08 % w okresie żywienia oborowego i 1,65 % w okresie żywienia pastwiskowego. Natomiast w mleku klaczy (jak można było przewidywać) nie stwierdzono obecności kwasu wakcenenowego, podobnie jak w badaniach prowadzonych w Wielkopolsce [12]. Śladowe zawartości C18:1 11t, zaledwie 0,03 % w pierwszym miesiącu laktacji, stwierdzili jedynie Hoffman i wsp. [8].

Stwierdzono również różnice zawartości PUFA w tłuszczu mlecznym badanych gatunków ssaków. W tłuszczu mleka klaczy zawartość PUFA wynosiła: 17,44 % w okresie zimowym i 17,66 % w okresie letnim, a w tłuszczu mleka krowy była znacznie mniejsza: odpowiednio 1,98 i 2,32 %. Tak wysoka zawartość PUFA w tłuszczu mleka klaczy była spowodowana wysokim udziałem w składzie KT kwasów linolowego C18:2 9c12c i  $\alpha$ -linolenowego C18:3 9c12c15c zaliczanych do NNKT. W próbach z okresu żywienia zimowego stwierdzono: 12,29 % C18:2 9c12c i 5,10 % C18:3 9c12c15c, natomiast próby z okresu letniego zawierały ich odpowiednio 13,78 i 3,74 %. Znacznie większa zawartość wielonienasyconych KT (PUFA) w tłuszczu mleka klaczy, głównie dzięki dużej zawartości kwasu linolowego C18:2 9c12c i  $\alpha$ -linolenowego C18:3 9c12c15c, jest charakterystyczna dla zwierząt tego gatunku [17]. Podobnie dużą zawartość kwasu linolowego i  $\alpha$ -linolenowego w mleku klaczy, odpowiednio: 17,95 i 5,15 % stwierdzili Pikul i Wójtowski [12]. Natomiast Malacarne i wsp. [10] uzyskali mniejszą zawartość kwasu C18:2 9c12c (9,60 %) oraz znacznie większą zawartość C18:3 9c12c15c (9,40 %).

Kolejnym KT odróżniającym tłuszcz mleczny obu ssaków jest sprzężony kwas linolowy C18:2 9c11t (CLA). W wielu pracach wykazano, że większa zawartość sprzężonego CLA jest charakterystyczna dla tłuszczu mleka krowiego [10, 17]. W analizowanych próbach mleka krowiego oznaczono 0,43 % CLA w okresie zimowym i 0,67 % w okresie letnim. Natomiast w mleku klaczy zawartość CLA wynosiła odpowiednio: 0,05 i 0,14 %. Podobne wyniki uzyskali Pikul i Wójtowski [12], wg których w mleku klaczy w 1 miesiącu laktacji było 0,07 % CLA. Stwierdzona większa zawartość CLA w próbach mleka klaczy, pochodzących z okresu żywienia pastwiskowego, mogą potwierdzać zjawisko wzmożonej działalności mikroflory (zasiedlającej część żołądka), biorącej udział w trawieniu włókna pokarmowego i przyczyniającej się do

hydrogenacji nienasyconych KT. Zjawisko to potwierdzili Hoffman i wsp. [8], którzy oznaczyli niewielkie ilości kwasu wakcenenowego C 18:1 11t (0,03 - 0,16%), jednak nie oznaczyli CLA.

Zarówno w okresie żywienia zimowego, jak i letniego, w tłuszczu mleka klaczy stwierdzono kilkakrotnie większą zawartość kwasu linolowego oraz  $\alpha$ -linolenowego niż w mleku krowim. Natomiast próby tłuszczu mleka krowiego charakteryzowały się znacznie większą zawartością sprzężonego kwasu linolowego C18:2 9c11t – CLA oraz wakcenenowego C18:1 11t, którego nie stwierdzono w tłuszczu mleka klaczy.

Analizując skład tłuszczu mlecznego obu gatunków zwierząt należy wziąć pod uwagę, że zwierzęta roślinożerne, w związku z małą zawartością związków lipidowych w paszy oraz niewielką ich dostępnością, wykształciły niezwykle sprawne mechanizmy trawienia tłuszczów. Mechanizmy te różnią się znacznie w zależności od gatunku zwierząt [9]. Podstawowe różnice dotyczą budowy żołądka, konie mają żołądek jednokomorowy złożony, natomiast bydło żołądek wielokomorowy. Konsekwencją różnic w budowie żołądka są odmienne przemiany składników lipidowych (nienasyconych KT) dostarczonych wraz z paszą. W żołądku konia zachodzą niewielkie lub w ogóle nie zachodzą procesy hydrogenacji nienasyconych KT prowadzone przez mikroflorę jelitową. Stwierdzone niewielkie zawartości CLA (0,05 i 0,14 %) w badanych próbach mleka klaczy świadczą o aktywności bakterii symbiotycznych zasiedlających część bezgruczołową żołądka, zwaną „workiem ślepym” i pełniących podobną rolę jak mikroflora żwacza [9]. Natomiast przewód pokarmowy przeżuwaczy wyróżnia obecność żołądka wielokomorowego, którego najistotniejszą częścią, jest żwacz. W nim zachodzi proces biouwodorowania z udziałem bakterii typu *Butyrivibrio fibrisolvens*. Substratami w tym procesie są nienasycone KT (głównie kwas linolowy i  $\alpha$ -linolenowy) dostarczane do organizmu zwierząt wraz z paszą. Z wymienionych nienasyconych KT powstają niezwykle istotne pod względem żywieniowym kwasy: wakcenenowy i CLA [7, 9, 17]. Z tego powodu w krowim tłuszczu mlecznym zawartość PUFA jest mniejsza w porównaniu z tłuszczem mleka klaczy. Stwierdzona w zrealizowanym doświadczeniu duża zawartość PUFA w tłuszczu mleka klaczy potwierdza tę prawidłowość. W wielu badaniach wykazano również, że skład długołańcuchowych KT oraz niektórych nienasyconych KT jest bezpośrednio zależny od składu kwasów tłuszczowych zawartych w paszy, którą żywione są zwierzęta tego gatunku [7, 8]. Zważywszy na ograniczony dostęp do pastwiska badanego stada krów, różnice zawartości PUFA tłuszczu mlecznego w dwóch badanych okresach nie były znaczące (1,98 i 2,32 %). Większy udział żywienia pastwiskowego przeżuwaczy bezpośrednio wpływa na większe zawartości PUFA w mleku [9]. Natomiast w mleku klaczy zawartość PUFA w próbach z dwóch badanych okresów była na tym samym poziomie (17,44 i 17,66 %), pomimo wysokiego udziału żywienia pastwiskowego w okresie letnim.

W przeciwieństwie do składu lipidów mleka klaczy skład mleka krowiego, głównie zawartość nasyconych oraz niektórych nienasyconych KT, zależy wprost od aktywności procesu biouwodorowania kwasów tłuszczowych, dostarczonych wraz z paszą, przez bakterie żwaczowe. Wielkość procesu biouwodorowania zależy głównie od składu paszy treściwej w dawce żywieniowej. Mniejszy udział paszy treściwej w tej dawce przejawia się tendencją do zmniejszenia proporcji nasyconych KT, a wzrostem udziału kwasu oleinowego C18:1 9c, linolowego C18:2 9c12c i  $\alpha$ -linolenowego C18:3 9c12c15c w mleku krowim [11, 17].

### Wnioski

1. Stwierdzono sezonowe zmiany zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych zarówno w mleku klaczy, jak i w mleku krowim.
2. W porównaniu z tłuszczem mleka krowiego skład kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka klaczy charakteryzował się:
  - mniejszą zawartością kwasu masłowego C4:0 i kapronowego C6:0,
  - 2-krotnie większą zawartością kwasu kaprylowego C8:0,
  - 2-, a nawet 3-krotnie większą zawartością kwasu kaprynowego C10:0,
  - mniejszą zawartością kwasów stearynowego C18:0 i mirystynowego C14:0, a większą kwasu laurynowego C12:0,
  - większą zawartością kwasu palmitoleinowego C16:1,
  - znacznie większą zawartością wielonienasyconych KT: kwasu linolowego C18:2 9c12c i  $\alpha$ -linolenowego C18:3 9c12c15c,
  - śladowymi zawartościami CLA oraz nieobecnością kwasu wakcenenowego C18:1 11t.
3. Ze względu na skład kwasów tłuszczowych mleka klaczy może ono stanowić cenne źródło zarówno krótkołańcuchowych nasyconych KT, jak i PUFA.

### Literatura


- [1] AOAC: Official Methods of Analysis. International. Method Nr IDF-ISO-AOAC Nr 905.02. Gravimetric method (Röse-Gottlieb), 2000.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis. International. Method Nr 963.22: Methyl esters of fatty acids in oils and fats, 2000.
- [3] Businco L., Giampietro P.G., Lucenti P., Lucaroni F., Pini C., Di Felice G., Iacovacci P., Curadi C., Orlandi M.: Allergenicity of mare's milk In children with cow's milk allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2000, **105**, 1031-1034.
- [4] Cichosz G.: Tłuszcz mlekowy. Niezastąpiony składnik diety. Krajowy Związek Spółdzielni Mleczarskich, Warszawa 2006.
- [5] Csapo J., Stefler J., Martin T.G., Makray S., Casapo-Kiss Z.: Composition of mares' colostrum and milk. Fat content, fatty acid composition and vitamin content. *Int. Dairy J.*, 1995, **5**, 393-402.

- [6] Di Cagno A., Tamborinob A., Gallo G., Leone C., De Angelis M., Facciad M., Amirante P., Gobbetti M.: Uses of mares' milk in manufacture of fermented milks. *Int. Dairy J.*, 2004, **14**, 767-775.
- [7] Dusza L. (pod red.): Fizjologia zwierząt z elementami anatomii. Wyd. ART, Olsztyn 1998.
- [8] Hoffman R.M., Kronfeld D.S., Herbein J.H., Swecker W.S., Cooper W.L., Harris P.H.: Dietary carbohydrates and fat influence milk composition and fatty acid profile of mare's milk. *J. Nutr.*, 1998, **128**, 2708-2711.
- [9] Krzymowski T., Przala J. (pod red.): Fizjologia zwierząt. Wyd. VIII. WRiL, Warszawa 2005.
- [10] Malacarne M., Martuzzi M., Summer A., Mariani P.: Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 869-877.
- [11] Meyer H., Coenen M.: Żywnienie koni. PWRiL, Warszawa 2009.
- [12] Pikul J., Wójtowski J.: Fat and cholesterol content and fatty acid composition of mares' colostrum and milk during five lactation months. *Livestock Science*, 2008, **113**, 285-290.
- [13] PN-EN ISO 5508:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- [14] Przybojewska B., Rafalski H.: Kwasy tłuszczowe występujące w mleku a zdrowie człowieka. Krótkołańcuchowe nasycone kwasy tłuszczowe SCFA (cz. 1). *Przegl. Mlecz.*, 2003, **4**, 148-151.
- [15] Przybojewska B., Rafalski H.: Kwasy tłuszczowe występujące w mleku a zdrowie człowieka. Kwas wakcenyowy *cis* i *trans*. *Przegl. Mlecz.*, 2003, **9**, 343-346.
- [16] Stołyhwo A., Rutkowska J.: Tłuszcz mleczny: struktura, skład i właściwości prozdrowotne. W: *Chemia żywności – odżywcze i zdrowotne właściwości składników żywności – pod red. Z.E. Sikorskiego*. WNT, Warszawa 2007, ss. 39-90.
- [17] Woods V.B., Faeron A.M.: Dietary sources of unsaturated fatty acid for animal and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, 2009, **126**, 1-20.

## COMPARISON OF FATTY ACID COMPOSITION IN MARE'S AND COW'S MILK FAT

### S u m m a r y

The objective of the study was to assess the composition of fatty acids (FA) in the mare's milk fat and to compare them with the composition of FA in the cow's milk fat, with a focus on the FA appearing essential in human nutrition. The research material consisted of 10 mare's milk samples and 10 cow's milk samples taken from the milk of the animals during the winter and summer feeding periods, in the Mazovia region. In each sample, the fatty matter content was determined using a Rose-Gottlieb method, as was the composition of FA using a gas chromatography (GC). The analysis of FA composition in the mare's milk showed a high content of saturated FA: caprylic C8:0 (from 2.81 to 5.17 %), capric C10:0 (from 6.30 to 11.34 %), lauric C12:0 (from 6.94 to 9.79 %). The unsaturated FA of the mare's milk were represented mainly by the linoleic acid C18:2 9c12c (from 12.29 to 13.78 %) and the  $\alpha$ -linolenic acid C18:3 9c12c15c (from 3.74 to 5.10 %). The cow's milk was characterized by a higher content of the following saturated FA: butyric acid C4:0 (from 2.37 to 2.63 %), caproic acid C6:0 (from 1.78 to 2.06 %), and stearic acid C18:0 (from 10.77 to 10.89 %), as well as by a significantly lower content of polyunsaturated FA: linolenic (from 1.17 to 1.22 %) and  $\alpha$ -linolenic acid (from 0.38 to 0.48 %). Particularly, specific FA synthesized in the bio-hydrogenation process were found in the cow's milk, i.e. the vaccenic acid C18:1 11t (from 1.08 to 1.65 %) and CLA C18:2 9c11t (from 0.43 to 0.67 %). The content of FA in the milk of those two animal species was characterized by the high season-dependent variation.

**Key words:** mare's milk, cow's milk, fatty acid composition 



EWA SIMINSKA, BRONISŁAW BORYS, HENRYKA BERNACKA

## WPŁYW ŻYWIENIA JAGNIĄT MAKUCHEM SŁONECZNIKOWYM I NASIONAMI LNU BEZ LUB Z DODATKIEM WITAMINY E NA PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH MIĘSA, WĄTROBY I SERCA

### Streszczenie

Badano wpływ tuczu jagniąt makuchem słonecznikowym i nasionami lnu oraz dodatku witaminy E na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu *m. longissimus lumborum*, wątroby i serca. Tryczki (18 sztuk) tuczono intensywnie w 3 grupach do 32 - 37 kg mieszanką złożoną z komponentów zbożowych i śruty rzepakowej (grupa kontrolna K) lub z udziałem makuchu słonecznikowego i nasion lnu (MSL; odpowiednio 23,5 i 5 %) oraz z dodatkiem witaminy E (MSL+E). Tłuszcz wątroby zawierał więcej nasyconych kwasów tłuszczowych niż tłuszcz śródmięśniowy i serca (56,68 vs. 48,40 i 45,95 %). W tłuszczu tym stwierdzono najwyższy udział C17:0 i C18:0, a niższy, niż w tłuszczu śródmięśniowym, udział C14:0 i C16:0. Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w tłuszczu serca kształtowała się pośrednio. Najwięcej jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) zawierał tłuszcz śródmięśniowy, następnie tłuszcz wątroby, a najmniej tłuszcz serca (odpowiednio 42,58; 33,93 i 29,95 %). Tłuszcz serca odznaczał się największym udziałem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA); 25,29 % vs. 11,53 i 8,99 % w tłuszczu wątroby i śródmięśniowym. Podobne relacje wystąpiły pod względem zawartości C18:2 i C18:3 n3. Najkorzystniejszymi parametrami odżywczymi odznaczał się tłuszcz serca, a tłuszcze wątroby i *m. longissimus lumborum* były zbliżone pod tym względem; PUFA : SFA wynosił odpowiednio 0,57 vs. 0,21 i 0,19. Najwięcej sprzężonego kwasu linolowego (SKL) zawierała wątroba (41,24 mg/100 g), a serce i mięsień odpowiednio 6,23 i 4,56 mg/100 g. Żywienie komponentami oleistymi nie wpłynęło istotnie na zawartość SFA w badanych elementach, przy spadku udziału C16:0 i C17:0 i wzroście C18:0. Żywienie tymi komponentami zmniejszało udział MUFA, a zwiększało PUFA. Badane organy jagniąt MSL i MSL+E zawierały mniej sprzężonego kwasu linolowego niż próba kontrolna; odpowiednio 17,37 i 15,28 vs. 19,37 mg/100 g. W sumie żywienie makuchem słonecznikowym i nasionami lnu wpłynęło korzystnie na właściwości odżywcze tłuszczu mięśnia, wątroby i serca, a suplementacja mieszanki tuczowej witaminą E potęgowała ten korzystny wpływ.

**Słowa kluczowe:** jagnięta, komponenty oleiste, kwasy tłuszczowe, mięśnie, wątroba, serce

---

Dr inż. E. Siminska, dr hab. inż. H. Bernacka, Zakład Biologii Małych Przeżuwaczy, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Mazowiecka 28, 85-844 Bydgoszcz, prof. dr hab. B. Borys, Zakład Doświadczalny Koluda Wielka, Instytut Zootechniki PIB, 88-160 Janikowo

## Wprowadzenie

Opracowywanie żywności funkcjonalnej, czyli żywności podtrzymującej dobry stan zdrowia, zapobiegającej niektórym zaburzeniom i schorzeniom organizmu, a jednocześnie bogatej w składniki odżywcze, wydaje się priorytetem w badaniach nad jakością nowych produktów. W związku z tym, głównym zadaniem hodowli zwierząt rzeźnych staje się produkcja wysokiej jakości mięsa, które świadomy konsument postrzeżałby zarówno jako źródło składników odżywczych, jak i produkt o właściwościach prozdrowotnych. Żywność pochodzenia zwierzęcego, aby mogła spełniać kryteria żywności funkcjonalnej, jest wzbogacana w korzystne dla zdrowia składniki np. przez stosowanie odpowiednich krzyżowań międzyrasowych oraz metodami żywieniowymi [2, 4, 6, 14, 16]. Opinie o szkodliwości nadmiaru tłuszczów pochodzenia zwierzęcego, a zwłaszcza niewłaściwym składzie kwasów tłuszczowych w diecie człowieka (czynnik sprzyjający nadciśnieniu czy zaburzeniom metabolicznym) wymagają racjonalnej weryfikacji z uwzględnieniem wyników najnowszych badań medycznych i dietetycznych w zakresie wszystkich składników bioaktywnych produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego. Właściwe odżywianie, w tym optymalny udział czerwonego mięsa w diecie człowieka, przy prawidłowym stylu życia (ruch, brak stresu), są czynnikami warunkującymi podtrzymanie dobrego stanu zdrowia i długowieczności ludzi [9, 13].

W ostatnich latach, w żywieniu zwierząt coraz więcej uwagi poświęca się tłuszczom, jako nośnikom energii oraz źródłom niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). NNKT, podobnie jak większość witamin, nie są syntetyzowane w organizmie człowieka, a ich deficyt w diecie wywołuje zaburzenia metaboliczne i w konsekwencji zdrowotne. Pod względem żywieniowym najważniejsze są niezbędne wielonienasycone kwasy tłuszczowe PUFA, do których należą kwasy: linolowy (LA, C18:2 n-6),  $\alpha$ -linolenowy (ALA, C18:3 n-3) oraz długołańcuchowe PUFA powstające w ustroju poprzez przemiany enzymatyczne z LA i ALA, jak również dostarczane bezpośrednio z dietą kwasy: arachidonowy (AA, C20:4 n-6) oraz eikozapenta- i dokozaheksaenowy (EPA C20:5 n-3 i DHA C22:6 n-3) [1, 11]. Dotychczas podejmowano wiele skutecznych prób modyfikowania profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu zwierząt rzeźnych poprzez stosowanie w ich żywieniu dodatków w postaci olejów roślinnych [2, 3, 5, 7, 8, 14, 15]. W warunkach naszego kraju dostępne do praktycznego stosowania są komponenty oleiste zawierające olej rzepakowy i słonecznikowy (głównie makuchy powstające przy produkcji biodiesla) oraz lniany (nasiona lnu), charakteryzujące się wysoką zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wzrost zawartości kwasów nienasyconych w mięsie i innych produktach pochodzenia zwierzęcego powoduje niekorzystny wzrost ich podatności na utlenianie. Proces ten zachodzi przede wszystkim podczas obróbki kulinarnej mięsa i jego przechowywania. Zmianom tym można skutecznie przeciwdziałać poprzez podawanie zwierzętom przeciwutlenia-czy, wśród których za najskuteczniejszy uznaje się witaminę E (tokoferol) [6, 13, 14].

Celem podjętych badań było określenie zróżnicowania profilu kwasów tłuszczowych i zawartości sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w tłuszczu tkanki mięśniowej i wybranych organów jadalnych jagniąt (wątroba i serce) oraz wpływu zastosowania w mieszance treściwej makuchu słonecznikowego i nasion lnu bez lub z dodatkiem witaminy E.

### **Material i metody badań**

Material badawczy stanowiło 18 tryczków pełnej owcy kołudzkiej (OK) oraz mieszańce F<sub>1</sub> Ile de France × OK (po 50 %). Jagnięta tuczono intensywnie od odsadzenia od matek w wieku 8 tygodni do uzyskania masy ciała 32 - 37 kg. Jagnięta utrzymywano grupowo (3 grupy po 6 sztuk) i żywiono *ad libitum* mieszankami o różnym składzie z dodatkiem siana z traw. W grupie kontrolnej (K) mieszanka złożona była głównie z komponentów zbożowych (>50 %) i poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (20 %). W grupach doświadczalnych śrutę rzepakową zastąpiono: w grupie MSL makuchem słonecznikowym (23,5 %) i nasionami lnu (5 %), a w grupie MSL+E wprowadzono dodatek witaminy E (Polfamix E - 0,2 %).

Bezpośrednio po uboju jagniąt pobierano próby *m. longissimus lumborum*, wątroby i serca. Próby, po około 100 g, pakowano próżniowo, zamrażano w temp. -20 °C i przetrzymywano w tej temperaturze do czasu wykonywania analiz składu kwasów tłuszczowych. Bezpośrednio przed wykonaniem analiz próby rozmrażano w temperaturze 4 °C przez około 12 h. Po rozmrożeniu, rozdrobione próby (100 mg) poddawano ekstrakcji.

Skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu wyekstrahowanym z ww. elementów analizowano zgodnie z PN-EN ISO 5508 [17] i PN-EN ISO 5509 [18] przy użyciu chromatografu gazowego firmy Varian, typ 3800 GC z detektorem FID, w kolumnie SP<sup>TM</sup>-2380 930 m × 0,25 mm × 0,20 μm). Warunki analizy: temp. dozownika 230 °C (Split 1:100), temp. detektora 250 °C, gaz nośny hel (przepływ 1,0 ml/min), objętość dozowanej próbki 1 μl.

Zawartość sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w badanym materiale doświadczalnym oznaczano metodą chromatografii cieczowej, przy użyciu chromatografu firmy Merck wyposażonego w detektor UV/VIS. Warunki analizy: kolumna RP-C18 (250 × 4,6 mm) termostatowana w temp. 32 °C, rozpuszczalniki: acetonitryl - woda z elucją gradientową, przepływ 1,5 ml/min. Do identyfikacji SKL zastosowano wzorzec Sigma 0-5507, a zawartość w próbie określano na podstawie krzywej kalibracji.

Wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem dwuczynnikowej analizy wariancji (badany material, żywienie) z interakcjami (STATISTICA v. 8). Istotność różnic zawartości kwasów tłuszczowych między organami i grupami żywieniowymi szacowano testem Duncana.

## Wyniki i dyskusja

### *Zróźnicowanie profilu lipidowego w zależności od badanego elementu jagnięcia*

Uzyskane wyniki wskazują na duże zróźnicowanie składu kwasów tłuszczowych tłuszczu porównywanych elementów (tab. 1 i 2). Tłuszcz wątroby zawierał istotnie więcej kwasów nasyconych (SFA) niż tłuszcz mięśnia i serca; odpowiednio o 17,1 i 23,4 % ( $P \leq 0,01$ ). Wynikało to z największej zawartości kwasu stearynowego (C18:0; głównego kwasu nasyconego) oraz C17:0, przy pośredniej, w stosunku do tłuszczu mięśnia i serca, zawartości C16:0 i najmniejszej C14:0. Również różnice zawartości pojedynczych kwasów nasyconych w tłuszczu mięśnia i serca były duże (wszystkie analizowane, poza C14:0, statystycznie potwierdzone) i miały zróźnicowany charakter. Tłuszcz mięśnia w porównaniu z tłuszczem serca zawierał więcej kwasów C14:0 i C16:0 (odpowiednio o 22,5 i 43,0 %), a mniej kwasów C17:0 i C18:0 (odpowiednio o 19,3 i 19,9 %).

Tłuszcz badanych elementów różnił się istotnie pod względem zawartości kwasów nienasyconych (UFA), a różnice kształtowały się odwrotnie niż w przypadku kwasów nasyconych. Najwięcej UFA zawierał tłuszcz serca, następnie mięśnia (o 6,6 % mniej;  $P \leq 0,05$ ), a najmniej wątroby – mniej niż tłuszcz mięśnia i serca, odpowiednio o 11,8 i 17,7 % ( $P \leq 0,01$ ). Bardzo zróźnicowana była zawartość kwasów tłuszczowych jedno- (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) w tłuszczu porównywanych elementów. Wszystkie próby różniły się istotnie ( $P \leq 0,01$ ) pod względem łącznej zawartości kwasów jednonienasyconych. Najwięcej MUFA zawierał tłuszcz mięśnia, następnie wątroby (o 20,3 % mniej), a najmniej serca – odpowiednio o 11,7 i 29,7 % mniej (wszystkie różnice istotne na poziomie  $P \leq 0,01$ ). Podobne różnice dotyczyły kwasu oleinowego C18:1, dominującego w grupie MUFA. Natomiast najwięcej pozostałych kwasów jednonienasyconych (C16:1 i C17:1) zawierał tłuszcz wątroby, następnie mięśnia, a najmniej serca.

Odmienne kształtowały się różnice zawartości kwasów tłuszczowych wielonienasyconych w tłuszczu porównywanych elementów. Tłuszcz serca zawierał łącznie ponad 2 razy więcej PUFA niż tłuszcz wątroby i blisko 3 razy więcej niż tłuszcz mięśnia ( $P \leq 0,01$ ). Natomiast różnica zawartości PUFA między tłuszczem wątroby i mięśnia (w wątrobie o 28,3 % więcej) okazały się statystycznie nieistotne ze względu na małe wyrównanie wartości tego parametru w obrębie badanych elementów (współczynniki zmienności w przedziale 28 – 43 %). Podobny charakter i wielkość miały różnice zawartości kwasu linolowego C18:2 (głównego wśród PUFA) oraz arachidowego C20:4. Zawartość kwasu linolowego w tłuszczu poszczególnych prób wzrastała w tym samym kierunku: mięsień < wątroba < serce, jednak różnice te były mniejsze i statystycznie nieistotne.

Tabela 1

Zawartość głównych kwasów tłuszczowych w tłuszczu badanych elementów jagniąt z uwzględnieniem sposobu żywienia [g/100 g FA].  
Content of main fatty acids in fat of the studied lamb elements as regards feeding method [g/100 g FA].

Cecha Trait		Badany element / Element studied			Żywienie / Feeding			Interakcja Interaction
		LLT	WT	ST	K	MSL	MSL+E	
C14:0	$\bar{X}$	2,50A	0,92AB	2,04B	1,73	1,80	1,92	NS
	v%	16,9	79,1	40,1	41,8	51,9	60,6	
C16:0	$\bar{X}$	24,60AB	20,23BC	17,20AC	22,73AB	20,06A	19,24B	**
	v%	7,3	18,0	9,1	16,6	12,7	23,6	
C16:1	$\bar{X}$	2,17AB	2,80BC	1,45AC	2,83AB	1,74A	1,85B	**
	v%	18,2	45,0	21,4	42,8	20,9	36,4	
C17:0	$\bar{X}$	0,84aA	2,10AB	1,04aB	1,42	1,27	1,30	NS
	v%	25,7	15,5	24,5	43,6	45,8	51,8	
C17:1	$\bar{X}$	0,54A	1,00AB	0,40B	0,85AB	0,58A	0,51B	NS
	v%	35,3	45,5	46,4	42,5	61,4	79,6	
C18:0	$\bar{X}$	20,31AB	32,85BC	25,35AC	22,38AB	29,07A	27,04B	*
	v%	25,5	21,1	20,3	24,6	29,6	27,7	
C18:1	$\bar{X}$	38,70AB	29,22Ba	26,27Aa	34,85AB	29,23A	30,11B	NS
	v%	11,1	18,7	17,1	17,0	23,7	24,6	
C18:2	$\bar{X}$	7,02A	9,08B	19,59AB	8,84AB	12,30A	14,54B	NS
	v%	38,1	47,1	28,7	75,0	43,2	54,9	
C18:3 n-3	$\bar{X}$	0,64	0,73	0,82	0,52aA	0,77a	0,90A	**
	v%	50,0	68,6	25,6	54,6	34,2	48,1	
C20:4	$\bar{X}$	1,00Aa	1,72aB	3,96AB	2,25	2,01	2,41	NS
	v%	34,4	43,1	38,8	71,3	66,6	79,1	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 18; LLT - tłuszcz *m. longissimus lumborum* / fat of *m. longissimus lumborum*; WT - tłuszcz wątroby / liver fat; ST - tłuszcz serca / heart fat; Grupy / Groups: K - kontrolna / control; MSL - makuch słonecznikowy + nasiona lnu / sunflower cake + linseeds; MSL+E - MSL + witamina E / MSL + vitamin E; AA, \*\* -  $P \leq 0,01$ ; aa, \* -  $P \leq 0,05$ ; NS - statystycznie nieistotne / statistically insignificant

Tabela 2

Parametry jakości zdrowotnej tłuszczu badanych elementów jagniąt z uwzględnieniem sposobu żywienia [g/100 g FA].  
Health quality parameters of fat in the studied lamb elements as regards feeding method [g/100 g FA].

Cecha Trait		Badany element / Element studied			Żywienie / Feeding			Interakcja Interaction
		LLT	WT	ST	K	MSL	MSL+E	
SFA	$\bar{x}$	48,40A	56,68AB	45,95B	48,62	52,54	49,87	NS
	v%	11,1	9,7	12,9	12,4	14,6	15,1	
UFA	$\bar{x}$	51,57aA	45,46AB	55,24aB	51,87a	48,35ab	52,05b	NS
	v%	10,4	13,6	7,7	11,1	14,415	13,0	
- w tym: MUFA - whereas: MUFA	$\bar{x}$	42,58AB	33,93BC	29,95AC	39,76AB	32,88A	33,82B	NS
	v%	11,2	19,3	15,9	15,9	21,8	22,1	
PUFA	$\bar{x}$	8,99A	11,53B	25,29AB	12,11aA	15,47a	18,23A	NS
	v%	35,9	43,3	28,4	72,3	45,2	56,0	
SKL [mg/100 g]	$\bar{x}$	4,6A	41,2AB	6,2B	19,4	17,4	15,3	NS
CLA [mg/100 g]	v%	25,9	26,4	41,1	82,3	90,0	85,0	
UFA:SFA	$\bar{x}$	1,09aA	0,82AB	1,23aB	1,10a	0,96a	1,08	NS
	v%	19,3	21,8	19,3	23,7	26,7	26,0	
PUFA:SFA	$\bar{x}$	0,19A	0,21B	0,57AB	0,27A	0,31	0,39A	NS
	v%	40,4	49,7	37,2	84,7	52,5	69,1	
PUFA:MUFA	$\bar{x}$	0,21Aa	0,36aB	0,89AB	0,34aA	0,52a	0,62A	NS
	v%	39,1	51,5	40,5	86,3	62,5	74,5	
DFA:OFA	$\bar{x}$	2,58AB	3,40BC	3,96AC	2,92AB	3,36Aa	3,67Ba	*
	v%	10,4	22,6	13,9	20,6	15,7	27,9	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 18; Oznaczenia grup i istotności różnic, jak w tab. 1./ Groups and the significance of differences are denoted as in Tab. 1.

SFA -  $\Sigma$  C14:0, C16:0, C17:0, C18:0 i C20:0; MUFA -  $\Sigma$  C14:1, C16:1, C17:1, C18:1, C20:1, C22:1 i C24:1; PUFA -  $\Sigma$  C18:2, C18:3 n-6, C18:3 n-3, C20:4 i C22:4; UFA = MUFA + PUFA; DFA = UFA + C18:0; OFA = SFA - C18:0; SKL - C18:2 c9 t11

Tłuszcz serca w porównaniu z tłuszczem wątroby i mięśnia odznaczał się istotnie korzystniejszymi wskaźnikami jakości zdrowotnej, obliczonymi na podstawie składu kwasów tłuszczowych; najwyższym stosunkiem UFA : SFA (odpowiednio o 50,0 i 12,8 %), PUFA : SFA (odpowiednio o 171,4 i 200,0 %), PUFA : MUFA (odpowiednio o 147,2 i 323,8 %) oraz DFA : OFA – odpowiednio o 16,7 i 53,5 %. Różnice wartości większości tych wskaźników między mięśniem a wątrobą były również wyraźne; stosunek UFA : SFA korzystnie wyższy w przypadku mięśnia (o 32,9 %,  $P \leq 0,01$ ), PUFA : SFA podobny, a PUFA : MUFA i DFA : OFA niekorzystnie niższe niż wątroby, odpowiednio o 41,7 % ( $P \leq 0,05$ ) i 24,1 % ( $P \leq 0,01$ ).

Pod względem zawartości sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w tłuszczu wątroby było go 6,6 razy więcej niż w tłuszczu serca i 9,0 razy więcej niż w tłuszczu badanego mięśnia.

Wyraźne zróżnicowanie profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego oraz wątroby i serca, niezależnie od czynników genetycznych i środowiskowych (w tym żywienia), znajduje potwierdzenie w wynikach badań innych autorów [3, 6, 7, 10]. Badania Korniluk i wsp. [12], Borowca i Augustyna [3] oraz Kaczor i wsp. [10] potwierdzają większą zawartość kwasów nasyconych, w tym C18:0 w tłuszczu wątroby niż w tkance mięśniowej, a badania Borowca i Augustyna [3] oraz Kaczor i wsp. [10] również mniejszą zawartość kwasów o średniej długości łańcucha węglowego – C14:0 i C16:0. Podobnie, jak w badaniach własnych, większą zawartość kwasów jednonienasyconych MUFA w *m. longissimus dorsi* niż w wątrobie i sercu stwierdziła Kaczor i wsp. [10], a w stosunku do wątroby również Gabryszuk i wsp. [6] oraz Korniluk i wsp. [12]. Większy udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych podrobów jagniąt w porównaniu z tkanką mięśniową znajduje potwierdzenie w większości innych badań [3, 7, 10], jednak Korniluk i wsp. [12] nie stwierdzili wyraźnych różnic zawartości PUFA w puli kwasów tłuszczowych wątroby i poledwicy jagniąt. Dane o zawartości pojedynczych kwasów wielonienasyconych w tłuszczu tkanki mięśniowej oraz podrobów jagnięcych są w dostępnym piśmiennictwie zróżnicowane i trudne do bezpośredniego porównania, co praktyczne uniemożliwia ich jednoznaczną dyskusję z wynikami badań własnych. Dostępne dane literaturowe potwierdzają większą zawartość sprzężonego kwasu linolowego w wątrobie niż mięśniach, jednak różnice stwierdzone w badaniach własnych były znacznie większe. Borowiec i Augustyn [3], podobnie jak Gabryszuk i wsp. [6], stwierdzili około 2 razy większą zawartość tego ważnego składnika prozdrowotnego w wątrobie niż w mięśniach, a Korniluk i wsp. [12] o około 20 %. Ogólnie podobne wyniki do uzyskanych w badaniach własnych uzyskali Kaczor i wsp. [10] na jagniętach tuczonych średnio intensywnie do masy ciała 40 kg. Stwierdzili oni, że tłuszcz podrobów (wątroby i serca) w porównaniu z tłuszczem z mięśni szkieletowych charakteryzował się większą zawartością kwasów PUFA oraz korzystnie wyższym stosunkiem PUFA : SFA. Jednak

nie potwierdziły tego badania Korniluk i wsp. [12], w których nie stwierdzono większych różnic w tym zakresie między tkanką mięśniową i wątrobą jagniąt tuczonych intensywnie do masy ciała około 32 kg.

Na podstawie uzyskanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić, który z badanych elementów miał najlepszy pod względem jakości zdrowotnej skład kwasów tłuszczowych. Najkorzystniejszymi parametrami zdrowotnymi odznaczał się tłuszcz serca, przy zróżnicowanej, ale ogólnie zbliżonej jakości zdrowotnej tłuszczu śródmięśniowego i wątroby. Równocześnie jednak tłuszcz wątroby zawierał kilkakrotnie więcej sprzężonego kwasu linolowego (SKL) niż tłuszcz tkanki mięśniowej i serca, składnika lipidowego bardzo ważnego i pożądanego pod względem jakości zdrowotnej, o wielokierunkowym prozdrowotnym oddziaływaniu na organizm ludzki.

#### *Zróżnicowanie profilu lipidowego tłuszczu badanych elementów jagniąt w zależności od żywienia zwierząt*

Żywienie komponentami oleistymi (makuchem słonecznikowym i nasionami lnu) nie wpłynęło wyraźnie na łączną zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu badanych elementów (tab. 2), przy istotnie mniejszej zawartości kwasu palmitynowego C16:0, a większej stearynowego C18:0 (tab. 1). Średnio w tłuszczach jagniąt grup doświadczalnych MSL i MSL+E w porównaniu z K stwierdzono o 13,5 % mniejszą zawartość kwasu C16:0 i o 25,4 % większą C18:0.

Porównywalne efekty w zakresie zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie jagnięcym uzyskał Ivan i wsp. [7], stosując 6 % dodatek oleju słonecznikowego w mieszance. W porównaniu z grupą kontrolną nie stwierdzono istotnych różnic pod względem łącznej zawartości SFA, przy istotnym zmniejszeniu zawartości C16:0 i C17:0, a wzroście C18:0. Natomiast badania Gabryszuka i wsp. [6] oraz Korniluk i wsp. [12] potwierdzają obserwowany w badaniach własnych brak wpływu suplementacji mieszanki tuczowej witaminą E na łączną zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych, zarówno w tłuszczu mięśni, jak i wątroby tuczonych jagniąt.

Tłuszcz badanych elementów jagniąt żywionych komponentami oleistymi zawierał istotnie mniej kwasów jednonienasyconych MUFA, a więcej wielonienasyconych PUFA. Średnio różnice zawartości MUFA i PUFA w puli kwasów tłuszczowych tłuszczów badanych elementów między grupami MSL i MSL+E a K wynosiły odpowiednio: -16,1 % i +39,1 %. Zawartość wszystkich pojedynczych kwasów MUFA była w grupach doświadczalnych zbliżona i istotnie mniejsza ( $P \leq 0,01$ ) niż w kontrolnej; w przypadku C16:1 średnio o 36,6 %, C17:1 o 35,9 %, a C18:1 o 14,9 %. W zakresie pojedynczych kwasów PUFA stwierdzono statystycznie potwierdzony wzrost zawartości kwasu linolowego C18:2 i linolenowego C18:3 w puli kwasów tłuszczowych tłuszczu badanych elementów jagniąt MSL i MSL+E w stosunku do grupy kontrolnej K (C18:2 średnio o 51,8 %, a C18:3 odpowiednio o 60,6 %), przy podobnej we wszyst-



kich grupach żywieniowych zawartości kwasu arachidonowego C20:4 (tab. 1). Przy stosowaniu dodatku witaminy E w mieszance z udziałem makuchu słonecznikowego i nasion lnu (grupa MSL+E) wystąpiła tendencja do większej zawartości kwasów PUFA, również w stosunku do grupy MSL; zarówno sumy PUFA (o 17,8 %, NS), jak i pojedynczych kwasów: C18:2, C18:3 oraz C20:4 (odpowiednio 18,2; 16,9 i 19,9 %, NS).

Omówione powyżej różnice składu kwasów tłuszczowych w zależności od doboru mieszanki tuczowej spowodowały, że ogólnie najkorzystniejszymi parametrami jakości zdrowotnej odznaczał się tłuszcz jagniąt grupy MSL+E, który w porównaniu z grupą K charakteryzował się istotnie wyższym stosunkiem PUFA : SFA, PUFA : MUFA oraz DFA : OFA (odpowiednio o 44,4; 82,3 i 25,7 %;  $P \leq 0,01$ ). Natomiast grupa MSL w porównaniu z K odznaczała się istotnie wyższym stosunkiem PUFA : MUFA (o 52,9 %;  $P \leq 0,05$ ) oraz DFA : OFA (o 15,1 %;  $P \leq 0,01$ ), podobnym PUFA : SFA, a istotnie niższym UFA : SFA (o 12,7 %;  $P \leq 0,05$ ). Suplementacja mieszanki zawierającej komponenty oleiste witaminą E spowodowała znaczną poprawę wszystkich analizowanych parametrów zdrowotnych tłuszczu badanych elementów jagniąt. Tłuszcz jagniąt MSL+E w porównaniu z MSL odznaczał się korzystniejszymi (wyższymi) proporcjami UFA : SFA; PUFA : SFA; PUFA : MUFA i DFA : OFA – odpowiednio o: 12,5 % (NS), 25,8 % (NS), 19,2 (NS) i 9,2 % ( $P \leq 0,05$ ).

Żywienie jagniąt komponentami oleistymi wpłynęło na zmniejszenie zawartości sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w badanych elementach (tab. 2), przy czym różnica w stosunku do grupy kontrolnej w grupie MSL była około 2 razy mniejsza niż w MSL+E; odpowiednio 10,4 i 21,1 % (NS).

W przypadku kilku pojedynczych kwasów (C16:0, C16:1, C18:0 i C18:3 n-3) oraz stosunku DFA : OFA wystąpiły statystycznie potwierdzone interakcje badany element  $\times$  żywienie. Wynikały one głównie z odmiennego reagowania tłuszczu wątroby i serca niż śródmięśniowego na żywienie jagniąt badanymi komponentami oleistymi. Zawartość kwasu C16:0 w tłuszczu wszystkich elementów z grup MSL i MSL+E była mniejsza niż w K, jednak w przypadku mięśnia mniej tego kwasu było w tłuszczu jagniąt MSL niż MSL+K, natomiast w wątrobie i sercu najmniej zawierały go tłuszcze jagniąt MSL+E. Zawartość C16:1 w tłuszczu mięśnia i serca zmalała w obu grupach doświadczalnych w podobnym stopniu (średnio o około 22 %), natomiast w tłuszczu wątroby aż o 51 %. Żywienie komponentami oleistymi nie wpłynęło wyraźniej na zawartość C18:0 w tłuszczu śródmięśniowym, natomiast zwiększyło jego zawartość w tłuszczu wątroby i serca. W tłuszczu serca wzrost w stosunku do grupy K był podobny w obu grupach doświadczalnych (średnio 21 %), natomiast w przypadku wątroby w grupie MSL wynosił 54,2 %, a w MSL+E 32,9 %. Wpływ komponentów oleistych na wzrost zawartości C18:3 n3 w tłuszczu wszystkich badanych elementów był również zróżnicowany, zarówno w zależności od elementu, jak i suplementacji mie-

szanki doświadczalnej witaminą E. Stosowanie komponentów oleistych bez witaminy E spowodowało wzrost zawartości tego kwasu w tłuszczu mięśnia o 193,7 %, wątroby o 37,5 %, a serca o 49,1 %, natomiast przy suplementacji witaminą E różnice wynosiły odpowiednio: 106,2; 120,8 i 66,1 %. Podobne zróżnicowanie wystąpiło w proporcji kwasów DFA : OFA. Korzystnie większy stosunek tych kwasów w tłuszczu wątroby i serca w grupie MSL potęgował się przy stosowaniu dodatku witaminy E, natomiast w tłuszczu śródmięśniowym był mniejszy.

O złożonym wpływie żywienia na profil kwasów tłuszczowych w mięsie jagniąt świadczą również wyniki badań Jeronimo i wsp. [8], którzy wykazali, że istotny wpływ na profil kwasów ma nie tylko ilość, ale i wzajemne proporcje komponentów oleistych (olej słonecznikowy i lniany) w mieszance tuczowej. Liczne badania wykazały, że dodatek komponentów oleistych do diety zwierząt gospodarskich, w tym tuczonych jagniąt [2, 3, 6, 8, 15], wpływał na wzrost zawartości kwasów nienasyconych w tłuszczu elementów kulinarnych pozyskiwanych z tych zwierząt. Charakter tych zmian zależy jednak od składu kwasów tłuszczowych komponentów oleistych stosowanych w żywieniu zwierząt. Dominującymi kwasami tłuszczowymi w tłuszczu stosowanych oleistych komponentów paszowych były kwasy wielonienasycone: linolowy C18:2 (makuch słonecznikowy) i linolenowy C18:3 (nasiona lnu). Żywienie mieszankami doświadczalnymi (MSL) bogatymi w oba te kwasy spowodowało istotny wzrost ich zawartości w badanych elementach, przy relatywnym zmniejszeniu zawartości kwasów jednonienasyconych MUFA. Podobnie Ivan i wsp. [7], przy stosowaniu w tuczu jagniąt 6 % dodatku oleju słonecznikowego uzyskali istotny wzrost zawartości kwasu linolowego C18:2 w tłuszczu mięśni, wątroby i serca, przy zróżnicowanych efektach zawartości kwasu linolenowego C18:3.

Stwierdzoną w badaniach tendencję do zmniejszonej zawartości sprzężonego kwasu linolowego w elementach jagniąt żywionych makuchem słonecznikowym i nasionami lnu należy uznać za zaskakującą w odniesieniu do wyników większości dostępnych badań [np. 4 i 7], w których wykazano wpływ żywienia komponentami oleistymi bogatymi w kwasy PUFA na wzrost zawartości SKL w mięśniach i innych jadalnych organach jagniąt. Trudna do wyjaśnienia na podstawie uzyskanych wyników jest pogłębiona tendencja do zmniejszonej zawartości SKL w grupie MSL+E w stosunku do K (ponad 2 razy większa niż w MSL). W badaniach Gabryszuka i wsp. [6] oraz Korniluk i wsp. [12] stosowanie dodatku witaminy E razem z selenem i cynkiem spowodowało istotny wzrost zawartości SKL w wątrobie, a w przypadku badań Gabryszuka i wsp. [6] również w mięśniu najdłuższym grzbietu tuczonych jagniąt.

Podsumowując, można stwierdzić, że żywienie intensywnie tuczonych jagniąt mieszankami z makuchem słonecznikowym i nasionami lnu wpłynęło korzystnie na parametry jakości zdrowotnej mięsa i podrobów, głównie dzięki wzrostowi zawartości kwasów wielonienasyconych PUFA, a stosowanie suplementacji mieszanki z kompo-

mentami oleistymi witaminą E potęgowało korzystne efekty w tym zakresie. Uzyskane efekty potwierdzają badania cytowanych wcześniej autorów [2, 3, 6, 7].

### Wnioski

1. Tłuszcz serca jagniąt odznaczał się wyższą jakością zdrowotną niż podobne pod tym względem tłuszcze wątroby i śródmięśniowy, głównie dzięki istotnie większej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA); średnio około 2,5 razy.
2. Wątroba odznaczała się największą zawartością sprzężonego kwasu linolowego (SKL; 41,2 mg/100 g) i przewyższała podobne pod tym względem organy; mięsień *longissimus lumborum* i serce (odpowiednio 4,6 i 6,2 mg/100 g).
3. Żywienie intensywnie tuczonych jagniąt mieszankami z makuchem słonecznikowym i nasionami lnu wpłynęło korzystnie na parametry jakości zdrowotnej mięsa, wątroby i serca, głównie dzięki wzrostowi zawartości kwasów wielonienasyconych PUFA (średnio o 39,1 %), a zmniejszeniu jednonienasyconych MUFA (średnio o 16,1 %).
4. Stwierdzono tendencję do potęgowania korzystnych efektów w zakresie prozdrowotnej modyfikacji profilu lipidowego mięsa i badanych podrobów jagnięcych przy stosowaniu suplementacji mieszanki treściwej z komponentami oleistymi witaminą E.

### Literatura

- [1] Achremowicz K., Szary-Sworst K.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **3 (44)**, 23-35.
- [2] Baranowski A., Józwik A., Bernatowicz E., Chyliński W.: Fattening performance, slaughter indicators and meat chemical composition in lambs fed the diet supplemented with linseed oil and mineral bioplex. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 2008, **26 (2)**, 117-127.
- [3] Borowiec F., Augustyn R.: Effect of dietary unsaturated fatty acids on some indicators in blood plasma and fatty acid content in selected tissues of fattening lambs. *J. Cent. Eur. Agric.*, 2009, **10, 1**, 13-18.
- [4] Borys B., Borys A.: Wpływ rasy owiec na wybrane parametry jakości zdrowotnej mięsa jagnięcego. *Zesz. Nauk. PTZ Przegł. Hod.*, 2002, **63**, 69-79.
- [5] Borys B., Borys A.: Effect of the form of rapeseed and linseed in lamb diets on some health quality parameters of meat. *Annals Anim. Sci.*, 2005, **5 (1)**, 159-169.
- [6] Gabryszuk M., Czauderna M., Baranowski A., Strzałkowska N., Józwik A., Krzyżewski J.: The effect of diet supplementation with Se, Zn and vitamin E on cholesterol, CLA and fatty acid contents of meat and liver of lambs. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 2007, **25 (1)**, 25-33.
- [7] Ivan M., Mir P.S., Koenig K.M., Rode L.M., Neill L., Entz T., Mir Z.: Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Rum. Res.*, 2001, **41**, 215-117.

- [8] Jeronimo E., Alves S.P., Prates J.A.M., Santos-Silva J., Bessa R.J.B.: Effect of dietary replacement of sunflower oil with linseed oil on intramuscular fatty acids of lamb meat. *Meat Sci.*, 2009, **83**, 499-505.
- [9] Jiménez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S.: Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.*, 2001, **59**, 5-13.
- [10] Kaczor U., Ciuryk S., Pustkowiak H.: Zawartość kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mięśniach, sercu i wątrobie jagniąt polskiej owcy długowłnistej. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*. 2000, Konferencje XXX, **399**, pp. 159-164.
- [11] Kolanowski W.: Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 – znaczenie zdrowotne w obniżaniu ryzyka chorób cywilizacyjnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2007, **11 (3)**, 229-237.
- [12] Korniluk K., Gabryszuk M., Kowalczyk J., Czauderna M.: Effect of diet supplementation with selenium, zinc and  $\alpha$ -tocopherol on fatty acid composition in the live rand loin muscle of lambs. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 2008, **26 (1)**, 59-70.
- [13] Migdał W.: Spożycie mięsa a choroby cywilizacyjne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6 (55)**, 48-61.
- [14] Migdał W., Pieszka M., Barowicz T., Janik A., Wojtysiak D., Pustkowiak H., Nowak J., Kozioł J.: Modyfikowanie profilu kwasów tłuszczowych mięsa zwierząt rzeźnych - za i przeciw. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. i Tłuszcz.*, 2008, **46 (3)**, 111-122.
- [15] Radzik-Rant A., Rant W.: Wpływ oleju lnianego stosowanego w diecie macierek karmiących na profil kwasów tłuszczowych tkanki zapasowej. *Annales UMCS*, 2007, Sec. EE, **25 (1)**, 21-27.
- [16] Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M.: Fat deposition, fat acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 2008, **78**, 343-358.
- [17] PN-EN ISO 5508. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- [18] PN-EN ISO 5509. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.

#### **EFFECT OF FEEDING LAMBS WITH SUNFLOWER CAKE AND LINSEEDS WITH OR WITHOUT VITAMIN E ADDED ON FATTY ACID PROFILE OF MEAT, LIVER, AND HEART**

##### **S u m m a r y**

The effect was studied of fattening lambs with a sunflower cake and linseeds, and a vitamin E added, on the fatty acid profile of fat from *m. longissimus lumborum*, liver, and heart. The rams (18) in three groups were intensively fattened up to 32-37 kg with a mixture composed of cereal ingredients and rapeseed crush ('K' control group) or with a mixture of sunflower cake and linseeds (MSL; 23.5 and 5 %, respectively), as well as with a mixture containing the additive of vitamin E (MSL+E). The liver fat contained more SFA than the intermuscular and heart fat (56.68 vs. 48.40 and 45.95 %). The liver fat was found to have the highest content of C17:0 and C18:0 and a lower content of C14:0 and C16:0 than in the intermuscular fat. The content of SFA in the heart fat was something in between. The highest amount of MUFA was found in the muscular fat, the second highest of MUFA in the liver, and the heart fat had the lowest amount of MUFA (42.58; 33.93, and 29.95 %, respectively). The heart fat was characterized by the highest content of PUFA; 25.29% vs. 11.53 and 8.99 in the liver and intramuscular fat. The similar proportions were found as regards the content of C18:2 and C18:3 n3. The nutritional parameters of heart fat

were most beneficial, and the liver and m. longissimus lumborum fat had the comparable nutritional values; PUFA : SFA was, respectively, 0.57 vs. 0.21 and 0.19. The highest content of CLA was found in the liver (41.24 mg/100 g), the second highest were in the heart and in the muscle (6.23 and 4.56 mg/100 g, respectively). The feeding with oil components had no significant effect on the total SFA in the organs investigated, and a decrease in the content of C16:0 and C17:0 was found as was an increase in C18:0. The feeding with oil components decreased the content of MUFA and increased the content of PUFA. The investigated organs of MSL and MSL+E lambs had less CLA than the K control group; respectively, 17.37 and 15.28 vs. 19.37 mg/100 g. To sum up: the feeding with the sunflower cake and linseeds beneficially impacted the nutritional parameters of muscle, liver, and heart fat, and supplementing the feeding mixtures with vitamin E enhanced this advantageous effect.

**Key words:** lambs, oily components, fatty acids, muscle, liver, heart ☒

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

## WPLYW PROCESU OSZAŁAMIANIA ELEKTRYCZNEGO KURCZĄT ZA POMOCĄ URZĄDZENIA WŁASNEJ KONSTRUKCJI NA BARWĘ MIĘSA

### Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu procesu oszałamiania elektrycznego kurcząt, za pomocą urządzenia własnej konstrukcji, na barwę mięsa świeżego i przechowywanego w warunkach chłodniczych.

Wyniki pomiarów barwy wykazały niższe wartości parametru  $L^*$  (ok. 60,5) oraz wyższe wartości parametru  $a^*$  (ok. 4,0) zewnętrznej powierzchni mięśnia *pectoralis major* świeżego i przechowywanego przez 72 h, pochodzącego z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji w porównaniu z parametrami  $L^*$  (ok. 62) i  $a^*$  (ok. 3,3) barwy mięśnia *pectoralis major* pochodzącego z kurcząt oszałamianych urządzeniem firmy Meyn. Wartość parametru  $L^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz barwy mięśnia *pectoralis minor* pochodzących z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji utrzymywała się na stałym poziomie (odpowiednio ok. 60; 59 i 57,5) przez cały okres przechowywania. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że barwa mięsa (zarówno świeżego, jak i przechowywanego w warunkach chłodniczych) kurcząt oszałamianych za pomocą urządzenia własnej konstrukcji była bardziej korzystna w porównaniu z barwą mięsa kurcząt oszałamianych za pomocą urządzenia firmy Meyn.

**Słowa kluczowe:** oszałamianie elektryczne, kurczęta, barwa, przechowywanie

### Wprowadzenie

Jednym z ważniejszych wyróżników jakości mięsa drobiowego jest barwa. Jeśli nie będzie ona akceptowana, inne cechy, jak świeżość czy zapach nie będą miały znaczenia dla konsumenta [7]. Pod względem technologicznym, barwa stanowi kryterium oceny i weryfikacji mięsa jako surowca, który może być bezpośrednio skierowany do sprzedaży lub do dalszego przerobu.

Istnieje wiele metod oceny barwy mięsa, z których najbardziej znane to ocena sensoryczna – za pomocą wzroku oraz ocena instrumentalna – kolorymetryczna lub

---

*Dr hab. inż. R. Żywica, prof. UWM., mgr inż. D.G. Charzyńska, dr inż. J.K. Banach, Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego, Podstaw Techniki oraz Gospodarki Energią, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Pl. Cieszyński 1, 10-719 Olsztyn*

spektrofotometryczna. Obecnie najczęściej stosowany jest pomiar barwy mięsa w systemie CIE LAB ( $L^*a^*b^*$ ), który pozwala na selekcję mięsa normalnego od mięsa wadliwego typu PSE (blade, miękkie, wodniste) i DFD (ciemne, twarde, suche) [7].

O wyżej wymienionych wadach mięsa decyduje w dużej mierze kwasowość czynna, zmierzona w piętnastej minucie po uboju ( $pH_{15}$ ). Prawidłowe  $pH_{15}$  wynosi 5,9 - 6,2 i umożliwia oddzielenie mięsa normalnego od mięsa wadliwego typu PSE ( $pH_{15} < 5,7$ ) i DFD ( $pH_{15} > 6,4$ ). Kołodziej [8] uważa, że aby uzyskać mięso dobrej jakości po uboju, natężenie prądu stosowane podczas oszałamiania w kąpeli wodnej nie powinno przekraczać 120 mA, napięcie 80 V, a częstotliwość powinna utrzymywać się na poziomie 800 Hz. Sante i wsp. [13] dowiedli, że zastosowanie prądu o częstotliwości 480 lub 600 Hz powoduje szybszy spadek  $pH_{15}$  niż w przypadku zastosowania prądu o częstotliwości 50 i 300 Hz. Uważa się, że  $pH_{15} = 5,9 - 6,2$  stabilizuje pożądaną barwę mięsa, natomiast przy  $pH_{15} = 6,3 - 6,4$  przybiera zabarwienie ciemnoczerwone, charakterystyczne dla mięsa typu DFD [4]. Również Swatland [14] stwierdził, że przy wysokich wartościach pH otrzymuje się mięso o barwie ciemnej, natomiast jaśniejsza barwa mięśni piersiowych charakteryzuje się niskimi wartościami pH. Według Kirkpinar i wsp. [6] o pożądanej barwie mięsa drobiowego przez konsumentów decydują niższe wartości  $L^*$  oraz wyższe wartości  $a^*$  i  $b^*$ , co również związane jest z odpowiednio wysokim i niskim  $pH_{15}$ .

Według Branscheid i wsp. [3] brak jest jednoznacznej interpretacji co do wartości parametru  $L^*$  mięsa normalnego, PSE oraz DFD. Autorzy wskazują wartość graniczną parametru  $L^*$  na poziomie 51 do 57, co według nich wskazuje już na występowanie wady jakościowej mięsa drobiowego typu DFD. Natomiast według Owens i wsp. [10] wskaźnik  $L^*$  na poziomie od 51 do 54 identyfikuje mięso typu PSE. Badacze zalecają ustalenie własnej wartości progowej jasności ( $L^*$ ), powyżej lub poniżej której mięso można zaklasyfikować odpowiednio jako DFD lub PSE.

Zróżnicowane są również opinie na temat powiązania pH z jasnością barwy. Barbut i wsp. [1] uważają, że składowe barwy metody odbiciowej mogą być wykorzystywane do wykrywania wady w mięsie typu PSE i DFD, ponieważ wykazali oni istotną zależność między jasnością barwy określoną przez składową  $L^*$ , a pH mięsa drobiowego. Natomiast Hahn i wsp. [5] stwierdzili, że szybkość obniżania się pH po uboju nie wpływa istotnie na jasność barwy mięsa drobiowego.

Biorąc pod uwagę, że jakość mięsa drobiowego i produkowanych z niego wyrobów zależy w dużej mierze od jakości surowca oraz od parametrów procesu oszałamiania, podjęto się przeprowadzenia badań mających na celu określenie wpływu oszałamiania elektrycznego kurcząt pochodzących od dwóch dostawców różniących się znacznie jakością dostarczanego surowca, za pomocą urządzenia własnej konstrukcji, na barwę mięsa świeżego i przechowywanego w warunkach chłodniczych.

## Material i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły filety (mięśnie piersiowe) kurcząt rasy Hubbard F-15 o masie około 2,5 kg (dostawca I) i 2,2 kg (dostawca II), przywiezionych transportem samochodowym z ferm oddalonych od zakładu o około 250 km. Doboru surowca dostarczanego przez różnych dostawców (różniącego się jakością w zależności od fermy) dokonano na podstawie zakładowego monitoringu jakości. Ptaki, pochodzące od dostawców I i II, oszalałano prądem elektrycznym o napięciu 100 V i częstotliwości 600 Hz, za pomocą urządzenia własnej konstrukcji [16]. Próbę kontrolną stanowiły filety kurcząt oszalałanych urządzeniem firmy Meyn (napięcie 115 V, częstotliwość 500 Hz), stanowiącym wyposażenie linii ubojowej zakładów. Kurczęta oszalałano w kąpieli wodnej przez 10 s. Po wychłodzeniu tuszek metodą powietrzną z natryskiem wodnym (temp. powietrza ok. 2 °C, czas wychładzania 2 h) z każdej partii pobierano losowo po 12 sztuk filetów w celu wykonania pomiarów pH i barwy. Pomiar pH dokonywano w najgrubszej części fileta (mięsień *pectoralis major*) po ok. 10 h od uboju za pomocą pH-metru CP-411, wyposażonego w elektrodę, typ OSH 12-01. Średnia wartość pH filetów pochodzących z kurcząt oszalałanych urządzeniem własnej konstrukcji wynosiła 5,92 – dostawca I i 5,81 – dostawca II. Średnia wartość pH filetów pochodzących z kurcząt oszalałanych urządzeniem Meyn wynosiła 5,96 – dostawca I i 6,01 – dostawca II. Pomiar barwy wykonywano za pomocą spektrofotometru HunterLab (typ MiniScan XE, iluminat/obserwator D65/10\*), stosując skalę CIE LAB ( $L^*$  - jasność,  $a^*$  - wysycenie barwy czerwonej,  $b^*$  - wysycenie barwy żółtej). Mierzono parametry barwy zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni mięśnia *pectoralis major* oraz mięśnia *pectoralis minor* po ok. 10 h od uboju (mięso świeże) oraz po 72 i 120 h przechowywania chłodniczego (temp. powietrza ok. 2 °C), w 3 powtórzeniach każdej próby.

Analizę statystyczną wyników barwy mięsa kurcząt oszalałanych urządzeniem własnej konstrukcji i Meyn przeprowadzono za pomocą programu Statistica 8.0, stosując analizę wariancji w układzie doświadczeń 1- i 2-czynnikowych. Analizowano wpływ zastosowanych urządzeń do oszalałania kurcząt oraz czasu przechowywania na barwę mięsa, a także wpływ surowca, pochodzącego od dwóch dostawców, na wartości parametrów barwy.

## Wyniki i dyskusja

### Dostawca I

Wyniki pomiarów parametru  $L^*$  barwy powierzchni zewnętrznej fileta świeżego wykrawanego z kurcząt oszalałanych urządzeniem własnej konstrukcji wykazały, że jego wartość wynosiła 59,16. Wartości  $L^*$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* i *pectoralis minor* wynosiły odpowiednio: 59,03 i 57,41. Wartości  $L^*$



powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn były większe i wynosiły odpowiednio: 63,61; 60,87 i 60,37. Wartości parametru  $a^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* i *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji były większe od parametru  $a^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn i wynosiły odpowiednio 4,70; 4,30 i 5,30. Wartości parametru  $b^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* świeżego wykrawanego z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji wynosiły: 11,02; 14,14 i były mniejsze od parametru  $b^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* wykrawanego z kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn, którego wartości wynosiły odpowiednio: 12,88 i 14,22. Wartość parametru  $b^*$  mięśnia *pectoralis minor* wykrawanego z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji wynosiła: 14,57 i była większa od wartości  $b^*$  (14,14) mięśnia *pectoralis minor* wykrawanej z kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn (tab. 1).

Pomiary barwy mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych wykazały, że po 72 i 120 h przechowywania wartości parametru  $L^*$  barwy powierzchni zewnętrznej mięśnia *pectoralis major* wykrawanego z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji wynosiły odpowiednio 59,85 i 59,89. Natomiast wartości  $L^*$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* w przedstawionym wyżej przedziale czasowym wynosiły odpowiednio: 58,92 po 72 h i 56,70 po 120 h oraz odpowiednio 56,59 i 55,80 po 72 i 120 h od uboju. Wartości  $L^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej oraz mięśnia *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn po 72 h przechowywania wynosiły odpowiednio 60,60; 57,80 oraz 56,80. Wartości  $L^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn po 120 h przechowywania były znacznie mniejsze od wartości  $L^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji i wynosiły odpowiednio 57,03 i 54,62 oraz 55,49. Wartości parametru  $a^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji po 72 h przechowywania wynosiły odpowiednio: 3,71; 4,15 i 4,67, a po upływie 120 h wartości te zmniejszyły się odpowiednio do 2,75; 3,86 i 4,46. W przypadku parametru  $a^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn po 72 i 120 h wynosiły odpowiednio: 3,10; 3,33, 4,05 i 4,15; 4,85; 3,67.

Wartości parametru  $b^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* po 72 h przechowywania zmniejszyły się niezależnie od zastosowanego urządzenia do oszałamiania.

Po upływie 120 h przechowywania wartości  $b^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oształamianych urządzeniem Meyn osiągnęły najmniejszą wartość w porównaniu z wartościami  $b^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* wykrawanych z kurcząt oształamianych urządzeniem własnej konstrukcji i wynosiły odpowiednio: 9,81; 11,86 i 11,63 (tab. 1).

Analiza statystyczna parametrów barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I i oształamianych elektrycznie wykazała, że istnieją istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ) między parametrami barwy  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  powierzchni zewnętrznej mięśnia *pectoralis major* świeżego pochodzącego z kurcząt oształamianych urządzeniem własnej konstrukcji a parametrami  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* pochodzącego z kurcząt oształamianych urządzeniem Meyn. Istotne różnice ( $P \leq 0,05$ ) uzyskano również między parametrem  $L^*$  barwy mięsa świeżego zmierzonej na powierzchni wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* kurcząt oształamianych urządzeniem własnej konstrukcji a parametrem barwy  $L^*$  powierzchni zewnętrznej mięśnia *pectoralis major* kurcząt oształamianych urządzeniem Meyn, a także między parametrami  $L^*$  i  $a^*$  barwy mięśnia *pectoralis minor* pochodzącej z kurcząt oształamianych urządzeniem własnej konstrukcji a parametrami  $L^*$  i  $a^*$  barwy mięśnia *pectoralis minor* pochodzącej z kurcząt oształamianych urządzeniem Meyn ( $P \leq 0,01$ ).

W przypadku mięsa przechowywanego 120 h istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ) uzyskano między parametrami  $L^*$  i  $a^*$  barwy powierzchni zewnętrznej mięśnia *pectoralis major*, parametrami  $a^*$  i  $b^*$  barwy jego powierzchni wewnętrznej oraz między parametrem  $b^*$  barwy mięśnia *pectoralis minor* kurcząt oształamianych urządzeniem własnej konstrukcji a odpowiednimi parametrami barwy mięsa kurcząt oształamianych urządzeniem Meyn (tab. 1).

Analiza statystyczna wpływu czasu przechowywania chłodniczego mięsa kurcząt oształamianych urządzeniem własnej konstrukcji i firmy Meyn wykazały, że istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ) barwy mięsa kurcząt oształamianych urządzeniem własnej konstrukcji, w czasie przechowywania wystąpiły w przypadku parametru  $a^*$  barwy powierzchni zewnętrznej mięśnia *pectoralis major* i parametru  $L^*$  zmierzonych na ich powierzchni wewnętrznej. W przypadku zastosowania urządzenia do oształamiania kurcząt firmy Meyn istotne różnice barwy mięsa ( $P \leq 0,01$ ) podczas przechowywania dotyczyły parametrów  $L^*$  i  $b^*$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* oraz barwy mięśnia *pectoralis minor* (tab. 1).

Tabela 1

Parametry barwy (L\*a\*b\*) mięsa kurcząt oszalaianych urządzeniem własnej konstrukcji i urządzeniem firmy Meyn, w czasie przechowywania chłodniczego – surowiec pochodzący od dostawcy I.

Colour parameters (L\*a\*b\*) of chickens stunned with the device constructed by the authors and with the device of Meyn company while stored under refrigeration conditions – raw material from I supplier.

Czas przechowywania [h] Storage time [h]	Rodzaj urządzenia Type of device	Mięsień <i>pectoralis major</i> / <i>Pectoralis major</i> muscle						Mięsień <i>pectoralis minor</i> / <i>Pectoralis minor</i> muscle		
		Pow. zewnętrzna / External surface			Pow. wewnętrzna / Internal surface			L*	a*	b*
		L*	a*	b*	L*	a*	b*			
10 (świeże / fresh)	Własnej konstrukcji Authors' own construction	59,16 <sup>a</sup>	4,70 <sup>B</sup>	11,02 <sup>a</sup>	59,03 <sup>A</sup>	4,30	14,14	57,41 <sup>a</sup>	5,30 <sup>b</sup>	14,57
	Meyn	63,61 <sup>b</sup>	3,56 <sup>A</sup>	12,88 <sup>b</sup>	60,87 <sup>B</sup>	4,08	14,22	60,37 <sup>b</sup>	3,84 <sup>a</sup>	14,14
72	Własnej konstrukcji Authors' own construction	59,85	3,71	11,25	58,92	4,15	14,39	56,59	4,67	14,22
	Meyn	60,60	3,10	11,53	57,80	3,33	13,42	56,80	4,05	14,27
120	Własnej konstrukcji Authors' own construction	59,89 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>	10,72	56,70	3,86 <sup>a</sup>	13,40 <sup>b</sup>	55,80	4,46	13,53 <sup>b</sup>
	Meyn	57,03 <sup>a</sup>	4,15 <sup>b</sup>	9,81	54,62	4,85 <sup>b</sup>	11,86 <sup>a</sup>	55,49	3,67	11,63 <sup>a</sup>

c.d. Tab. 1

Istotność różnic (czynnik różnicujący czas przechowywania)	Własnej konstrukcji Authors' own construction	-	**	-	*	-	-	-	-	-
Significance of differences (factor to differentiate the storage time)	Meyn	**	-	**	**	-	**	**	-	**

Objaśnienia: Explanatory notes:

a –b, A-B – wartości średnie parametrów barwy oznaczone w kolumnach różnymi literami, dla określonego czasu przechowywania, różnią się statystycznie istotnie ( $P \leq 0.01$  – małe litery;  $P \leq 0,05$  – duże litery) / mean values of colour parameters denoted in the columns using different letters, for the determined storage time, differ statistically significantly ( $P \leq 0.01$  – small letters;  $P \leq 0.05$  – capital letters); \* – istotność różnic między wartościami parametrów barwy, dla danego urządzenia, wraz z upływem czasu przechowywania ( $P \leq 0,05$ ) / the significance of differences between the values of colour parameters for the given device including the storage time elapsing ( $P \leq 0.05$ ), \*\* – istotność różnic między wartościami parametrów barwy, dla danego urządzenia, wraz z upływem czasu przechowywania ( $P < 0,01$ ) / the significance of differences between the values of colour parameters for the given device including the storage time elapsing ( $P \leq 0.01$ )

*Dostawca II*

W tab. 2. zestawiono wyniki pomiarów parametrów  $L^*a^*b^*$  barwy mięsa świeżego i przechowywanego w warunkach chłodniczych pochodzącego z kurcząt od dostawcy II i oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji oraz urządzeniem firmy Meyn.

Wartość średnia parametru  $L^*$  barwy mięsa świeżego kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji wynosiła 59,91 i była mniejsza o 1,9 % od wartości średniej parametru  $L^*$  barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn. Była ponadto większa o 2,4 % od wartości średniej parametru  $L^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Wartość średnia parametru  $L^*$  barwy mięsa świeżego kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn wynosiła 61,08 i była mniejsza od wartości parametru  $L^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I o 0,9 %. Wartości średnie parametru  $L^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji i przechowywanego w warunkach chłodniczych po 72 i 120 h od uboju wynosiły 59,31 i 59,86 i były większe od parametru  $L^*$  barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn odpowiednio o 1,4 i 3,1 %. Były również większe o 1,5 i 4,2 % od wartości średnich parametru  $L^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Wartości średnie parametru  $L^*$  barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn i przechowywanych 72 i 120 h wynosiły odpowiednio 58,50 i 58,05 i były większe odpowiednio o 0,2 i 4,2 % od wartości średnich parametrów  $L^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I (tab. 1 i 2).

Wyniki pomiarów i obliczeń wykazały, że wartość parametru  $a^*$  barwy mięsa świeżego kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji wynosiła 4,54 i była większa od parametru  $a^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn o 26,5 %. Ponadto była mniejsza o 4,8 % od wartości średniej parametru  $a^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Wartość średnia parametru  $a^*$  barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn wynosiła 3,59 i była mniejsza o 6,3 % od wartości średniej parametru  $a^*$  mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Wartości średnie parametru  $a^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji i przechowywanego chłodniczo przez 72 i 120 h były większe od wartości parametru  $a^*$  barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn odpowiednio o 13,5 i 15,9 %. Wartości średnie parametru  $a^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji i przechowywanego w warunkach chłodniczych przez 72 i 120 h wynosiły 4,28 i 3,36 i były większe o 2,6 % oraz mniejsze o 8,9 % od wartości średnich parametru  $a^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I i przechowywanego również przez 72 oraz 120 h. Średnia wartość parametru  $a^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn po 72 h przechowywania wynosiła 3,77 i była większa o 8,0 % od wartości parametru  $a^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Po 120 h przechowywania wynosiła 2,90 i była mniejsza o 31,3 % od wartości średniej parametru  $a^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I (tab. 1 i 2).

Tabela 2

Parametry barwy (L\*a\*b\*) mięsa kurcząt oszłamianych urządzeniem własnej konstrukcji i urządzeniem firmy Meyn, w czasie przechowywania chłodniczego – surowiec pochodzący od dostawcy II.

Colour parameters (L\*a\*b\*) of chickens stunned with the device of own construction and with the device of Meyn company during cooling storage – raw material from supplier II.

Czas przechowywania [h] Storage time [h]	Rodzaj urządzenia Type of device	Mięsień <i>pectoralis major</i> / <i>Pectoralis major</i> muscle						Mięsień <i>pectoralis minor</i> <i>Pectoralis minor</i> muscle		
		Pow. zewnętrzna / External surface			Powi. wewnętrzna / Internal surface			L*	a*	b*
		L*	a*	b*	L*	a*	b*			
10 (świeże / fresh)	Własnej konstrukcji Authors' own construction	61,88	4,02	11,93	59,81	4,04	13,23	58,03	5,55 <sup>b</sup>	13,20
	Meyn	62,32	3,68	11,93	61,36	3,20	13,37	59,56	3,90 <sup>a</sup>	13,71
72	Własnej konstrukcji Authors' own construction	61,16	3,46	11,22	59,15	4,25	13,07	57,63	5,13	12,61
	Meyn	60,34	3,09	10,68	58,14	3,82	12,88	57,01	4,40	12,98
120	Własnej konstrukcji Authors' own construction	60,86	2,70	10,71	59,09	3,68	12,62	59,62 <sup>b</sup>	3,71	14,17 <sup>B</sup>
	Meyn	60,15	2,80	11,35	57,85	2,86	13,68	56,16 <sup>a</sup>	3,75	13,13 <sup>A</sup>



c.d. Tab. 3.

120	Własnej konstrukcji Authors' own construction	-	-	-	*	-	-	**	-	-
	Meyn	**	**	-	**	**	**	-	-	*
Istotność różnic (czynnik różnicujący czasie przechowywania) Significance of differences (factor to differentiate the storage time)	Własnej konstrukcji Authors' own construction	**	*	-	-	-	*	**	*	*
	Meyn	**	-	**	**	*	**	**	-	**

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$L^*_1, L^*_2$  – parametr  $L^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I i II /  $L^*$  colour parameter of meat of chickens from supplier I and II;  $a^*_1, a^*_2$  – parametr  $a^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I i II /  $a^*$  colour parameter of meat chickens from supplier I and II;  $b^*_1, b^*_2$  – parametr  $b^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I i II /  $b^*$  colour parameter of meat of chickens from supplier I and II; \* – istotność różnic ( $P \leq 0,05$ ) między wartościami parametrów barwy dla danego urządzenia w określonym czasie i dla danego urządzenia wraz z upływem czasu przechowywania – dostawca I i II / significance of differences ( $P \leq 0.05$ ) between values of colour parameters for the given device during the determined time and for the given device including the storage time elapsing – supplier I and II; \*\* – istotność różnic ( $P \leq 0,01$ ) między wartościami parametrów barwy dla danego urządzenia w określonym czasie i dla danego urządzenia wraz z upływem czasu przechowywania – dostawca I i II / significance of differences ( $P \leq 0.01$ ) between values of colour parameters for the given device during the determined time and for the given device including the storage time elapsing – supplier I and II.



Wartość parametru  $b^*$  barwy mięsa świeżego kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji wynosiła 12,79 i była mniejsza o 1,6 % od wartości parametru  $b^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn. Była ponadto mniejsza o 3,4 % od wartości średniej parametru  $b^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Wartość średnia parametru  $b^*$  barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn wynosiła 13,00 i była mniejsza o 5,4 % od wartości średniej parametru  $b^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Wartość średnia parametru  $b^*$  barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji i przechowywanego chłodniczo przez 72 h wynosiła 12,30 i była większa o 1 % od parametru  $b^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn. Ponadto była mniejsza o 7,4 % od wartości średniej parametru  $b^*$  mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Po 120 h przechowywania wartość średnia parametru  $b^*$  wynosiła 12,50 i była mniejsza o 1,7 % od wartości parametru  $b^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn. Była również mniejsza o 0,4 % od wartości średniej parametru  $b^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Wartość średnia parametru  $b^*$  mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn przechowywanego chłodniczo przez 72 h wynosiła 12,18 i była mniejsza o 6,8 % od wartości średniej parametru  $b^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I. Po 120 h przechowywania wartość średnia parametru  $b^*$  wynosiła 12,72 i była większa o 14,6 % od wartości średniej parametru  $b^*$  barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I.

Analiza statystyczna parametrów barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy II i oszałamianych elektrycznie wykazała, że istotne różnice uzyskano jedynie między parametrami barwy mięśnia *pectoralis minor* kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji i urządzeniem Meyn. W przypadku mięsa świeżego istotne różnice ( $P < 0,01$ ) uzyskano między parametrem  $a^*$  barwy mięśnia *pectoralis minor* pochodzącego z kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji a parametrem  $a^*$  barwy mięśnia *pectoralis minor* pochodzącego z mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn (tab. 2).

Analiza statystyczna wpływu czasu przechowywania na barwę mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji wykazała, że istotne różnice ( $P \leq 0,05$ ) ( $P \leq 0,01$ ) dotyczyły tylko parametrów  $a^*$  i  $b^*$  barwy mięśni *pectoralis minor*. W przypadku barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ) w czasie przechowywania wystąpiły w przypadku parametru  $L^*$  powierzchni wewnętrznej mięśni *pectoralis major* i *pectoralis minor*. Na poziomie  $P \leq 0,05$  istotne różnice dotyczyły parametrów  $L^*$  i  $b^*$  barwy powierzchni zewnętrznej mięśni *pectoralis major* (tab. 2).

Analiza statystyczna parametrów barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji w zależności od dostawcy (dostawca I i II) wykazała, że istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ) barwy mięsa świeżego kurcząt uzyskano między parametra-

mi  $L^*_1$  i  $L^*_2$  barwy powierzchni zewnętrznej mięśni *pectoralis major* oraz między parametrami  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy mięśni *pectoralis minor*. Ponadto istotne różnice na poziomie  $P \leq 0,05$  barwy mięsa świeżego kurcząt uzyskano również między parametrami  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśni *pectoralis major*. W mięsie przechowywanym 72 h istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ) barwy mięsa pochodzącego od dostawcy I i II uzyskano między parametrem  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśni *pectoralis major* oraz *pectoralis minor*. Mięso przechowywane przez 120 h charakteryzowało się istotnymi różnicami ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ) między parametrami  $L^*_1$  i  $L^*_2$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśni *pectoralis major* oraz *pectoralis minor* (tab. 3).

Analiza statystyczna parametrów barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn w zależności od dostawcy (dostawca I i II) wykazała, że istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ) barwy mięsa świeżego kurcząt uzyskano między parametrami  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej mięśni *pectoralis major*. W przypadku mięsa przechowywanego 72 h istotne różnice ( $P \leq 0,05$ ) uzyskano tylko między parametrami  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy mięśni *pectoralis minor*. Najwięcej istotnych różnic barwy uzyskano w przypadku mięsa przechowywanego przez 120 h. Istotne różnice na poziomie  $P \leq 0,01$  uzyskano między parametrami  $L^*_1$  i  $L^*_2$  oraz  $a^*_1$  i  $a^*_2$  barwy powierzchni zewnętrznej mięśni *pectoralis major*, a także między parametrami  $L^*_1$  i  $L^*_2$ ,  $a^*_1$  i  $a^*_2$  oraz  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśni *pectoralis major*. Natomiast istotne różnice na poziomie  $P \leq 0,05$  uzyskano między parametrami  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy mięśni *pectoralis minor* (tab. 3). Analiza statystyczna dodatkowego czynnika różnicującego, jakim był czas przechowywania, wykazała, że istotne różnice ( $P \leq 0,01$ ) barwy mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I i II oraz oszałamianych za pomocą urządzenia własnej konstrukcji uzyskano między parametrami  $L^*_1$  i  $L^*_2$  barwy powierzchni zewnętrznej mięśnia *pectoralis major* i *pectoralis minor*. Istotne różnice na poziomie  $P \leq 0,05$  uzyskano między parametrami  $a^*_1$  i  $a^*_2$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśni *pectoralis major* i *pectoralis minor* oraz między parametrami  $b^*_1$  i  $b^*_2$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśni *pectoralis major* i *pectoralis minor*. Bardziej zróżnicowana w czasie przechowywania była barwa mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn.

Z danych literaturowych wynika, że wartości graniczne (zakresy) parametru  $L^*$  podawane przez badaczy [3, 9, 10, 11] w celu określenia jakości normalnej i wadliwości mięsa PSE oraz mięsa DFD nie są jednoznaczne. Trudno jest w sposób jednoznaczny określić instrumentalnie akceptowaną barwę mięsa kurcząt pochodzących od dostawcy I i II oraz w zależności od rodzaju zastosowanego urządzenia do ich oszałamiania. Badania prowadzone w różnych krajach Europy wykazały dużą rozpiętość wartości parametru  $L^*$  barwy mięsa kurcząt: w Wielkiej Brytanii wynosiła ona 45 - 67 [15], we Włoszech 41 - 66 [12], natomiast w Polsce wartości parametru  $L^*$  podane przez

Lesiowa i wsp. [9] wahają się w granicach 43 - 56. Z badań przedstawionych w pracy wynika, że zakres parametru  $L^*$  barwy mięsa pochodzącego od dwóch dostawców ( $n = 400$ ) jest większy i wynosi 55 - 64 na całej powierzchni fileta.

Mając powyższe na uwadze oraz duży wpływ czynników przyżyciowych (pora roku, sposób żywienia itp.), w ocenie końcowej potencjalnych konsumentów, czyli pracowników zakładu, w którym prowadzono badania, większe znaczenie miało ujednoczenie barwy między surowcem pochodzącym od różnych dostawców oraz między poszczególnymi filetami, ze szczególnym uwzględnieniem różnicy barwy między mięśniami *pectoralis major* a mięśniami *pectoralis minor*. Z przeprowadzonych badań wynika również, że niezależnie od rodzaju zastosowanego urządzenia do oszałamiania wartości parametrów  $L^*$  barwy mięśnia *pectoralis major* na powierzchni zewnętrznej (od strony skóry) były wyższe i różniły się znacznie od wartości parametru  $L^*$  barwy powierzchni wewnętrznej mięśnia *pectoralis major* i mięśnia *pectoralis minor*, dlatego pomiar barwy na powierzchni zewnętrznej może stanowić problem przy zakwalifikowaniu surowca do określonej grupy jakościowej [2]. Ponadto, wraz z czasem przechowywania (tab. 1 i 2) najbardziej zbliżonymi wartościami parametrów  $L^*a^*b^*$ , a tym samym korzystniejszą barwą charakteryzowały się filety kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji.

Na podstawie wartości średnich ponadto stwierdzono, że niższymi wartościami parametru  $L^*$  i wyższymi wartościami parametru  $a^*$  barwy mięsa świeżego (tabela 1 i 2), charakteryzowało się mięso kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji. Uzyskane wyniki badań są porównywalne z danymi literaturowymi [6] i świadczą o pożądanym przez konsumentów barwie mięsa kurcząt.

## Wnioski

1. Wyniki pomiarów barwy w systemie CIE  $L^*a^*b^*$  i ich analiza statystyczna wykazały, że mięso kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji, niezależnie od czasu przechowywania w warunkach chłodniczych i pochodzenia badanego surowca (dostawca I i II), charakteryzuje się bardziej wyrównaną i bardziej stabilną barwą w czasie przechowywania w porównaniu z barwą mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn.
2. Uzyskane istotne różnice między parametrami barwy mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem własnej konstrukcji i mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem firmy Meyn, a także istotne różnice w czasie przechowywania mięsa kurcząt oszałamianych urządzeniem Meyn, pochodzących od dostawcy I w porównaniu z mięsem kurcząt pochodzących od dostawcy II, świadczą o korzystniejszym wpływie na barwę mięsa urządzenia własnej konstrukcji niż urządzenia Meyn. Mogą również świadczyć o większym zróżnicowaniu surowca pochodzącego od dostawcy I i tym samym o niższej jego jakości.

### Literatura

- [1] Barbut S., Sosnicki A.A., Lonergan S.M., Knapp T., Ciobanu D.C., Gatcliffe L.J., Huff-Lonergan E., Wilson E.W.: Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Sci.*, 2008, **79**, 46-63.
- [2] Bojarska U., Batura J., Cierach M.: The effect of measurement site on the evaluation of tom Brest muscle colour. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **12/53 (4)**, 45-49.
- [3] Branscheid W., Hah G., Wicke M.: Quality of turkey meat: Problems and countermeasures. *Fleischwirtschaft*, 2004, **84 (11)**, 109.
- [4] Gornowicz E., Czajka L.: O czym mówi pH mięsa drobiowego? *Gosp. Mięś.*, 2002, **7**, 18-19.
- [5] Hahn G., Malenica M., Müller W.D., Taubert E., Petrak T.: Influence of postmortal glycolysis on meat quality and technological properties of turkey breast. *Proc. of the XV Europ. Symp. on the Quality of Pol. Meat*, September 2001, pp. 9-12.
- [6] Kirkpinar F., Bozkurt M., Erker R.: The effect of dietary dried alfalfa meal on skin pigmentation and performance of broiler. *XV Europ. Symp. on the Quality of Poultry Meat. Kusadasi- Turkey*, 2001, pp. 199-204.
- [7] Kołczak T.: Barwa mięsa. *Gosp. Mięś.*, 2007, **9**, 12.
- [8] Kołodziej J.: Kształtowanie jakości mięsa drobiowego. *Gosp. Mięś.*, 2003, **5**, 15-18.
- [9] Lesiów T., Kijowski J.: Impact of PSE meat on poultry processing – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **12/53 (2)**, 3-8.
- [10] Owens, C.M., E.M. Hirschler, S.R. McKee, and A.R. Sams.: The characterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant. *Pol. Sci.*, 2000, **79**, 553-558.
- [11] Petracci M., Bianchi M., Cavani C.: The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poult. Sci.*, 2009, **88**, 1518-1523.
- [12] Petracci M., Bianchi M., Betti M., Cavani C.: Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poult. Sci.*, 2004, **83**, 2086-2092.
- [13] Sante V., Le Pottier G., Astrue T., Mouchoniere M., Fernandez X.: Effect of stunning current frequency on carcass downgrading and meat quality of Turkey. *Pol. Sci.*, 2000, **79**, 1208-1214.
- [14] Swatland H. J.: How pH causes paleness or darkness in chicken breast meat. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 396-400.
- [15] Wilkins L.J., Brown S.N., Philips A.J., Wariss P.D.: Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. *Br. Poult. Sci.*, 2000, **41**, 308-312.
- [16] Żywica R., Banach J.K.: Układ do oształamiania indyków. Zgłoszenie patentowe Nr 381759, 2007

#### EFFECT OF ELECTRIC STUNNING OF CHICKENS ON MEAT COLOUR USING DEVICE CONSTRUCTED BY THE AUTHORS

##### S u m m a r y

The objective of the research project was to determine the effect of electric stunning of chickens using a device constructed by the authors on the colour of fresh meat and meat stored under the refrigeration conditions.

The results of colour measurements showed lower values of L\* parameter (ca. 60.5) and higher values of a\* parameter (ca. 4.0) of the external surface of fresh and 72-h stored *pectoralis major* muscle originating from the chickens stunned using a device constructed by the authors compared to L\* (ca. 62) and a\* (ca. 3.3) parameters of the colour of *pectoralis major* muscle of chickens stunned using a device con-

structed by a Meyn company. The value of L\* colour parameter of the external and internal surface of the *pectoralis major* muscle, as well as of the *pectoralis minor* muscle originating from the chickens stunned with the device constructed by the authors remained at a constant level (respectively, ca. 60; 59; and 57.5) throughout the entire storage period. Based on the results obtained, it was concluded that the colour of meat (both fresh and stored under the refrigeration conditions) of the chickens stunned using the device constructed by the authors was more favourable compared to the colour of meat of the chickens stunned using the device constructed by the Meyn company.

**Key words:** electrical stunning, chickens, colour, cooling storage ☒

DOROTA PIETRZAK, EWA TREJDA, MAŁGORZATA ZIARNO

## WPLYW WYSOKIEGO CIŚNIENIA NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI ORAZ TRWAŁOŚĆ KOTLECİKÓW Z MIĘSA DROBIOWEGO

### Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu wysokiego ciśnienia (500 MPa, 10 min, 10 °C) na wybrane właściwości oraz trwałość kotlecików z mięsa drobiowego. Po 24 h od zastosowania wysokiego ciśnienia oraz po 2 i 3 tygodniach przechowywania zapakowanych próżniowo kotlecików w temp. 4 - 6 °C wykonano badania fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne.

Stwierdzono, że dzięki zastosowaniu wysokiego ciśnienia można uzyskać wyższą jakość mikrobiologiczną, a tym samym trwałość zapakowanych próżniowo kotlecików. Po 3 tygodniach przechowywania w temp. 4 - 6 °C, liczba drobnoustrojów mezofilnych, psychrotrofowych i bakterii kwasu mlekowego w kotlecikach poddawanych działaniu wysokiego ciśnienia była o 5 - 6 cykli logarytmicznych mniejsza niż w wyrobach kontrolnych. Jednocześnie zastosowanie wysokiego ciśnienia nie wpłynęło w istotny sposób na ilość wycieku przechowalniczego, teksturę, barwę oraz tempo utleniania lipidów w kotlecikach drobiowych.

**Słowa kluczowe:** kotleciki drobiowe, żywność wygodna, wysokie ciśnienie, utrwalanie, jakość, trwałość

### Wprowadzenie

W Polsce obserwuje się rozwój produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego, do której zaliczyć można zarówno całe tuszki kurcząt lub elementy poddane obróbce termicznej, jak również wyroby z mięsa drobiowego o różnym stopniu rozdrobnienia (kotlety, sznycle itp.), z nadzieniem lub bez, panierowane lub nie, smażone, pieczone czy grillowane, sprzedawane w opakowaniach jednostkowych, chłodzone lub mrożone, gotowe do spożycia po odgrzaniu w domu [26, 27]. Dla konsumentów żywności wygodnej istotna jest jej jakość, tj. cechy sensoryczne, zdrowotność oraz dyspozycyjność. Na te kryteria, w tym na trwałość żywności, duży wpływ ma metoda utrwalania [10, 27]. Stosowana w przemyśle mięsny i drobiarskim obróbka termiczna w znacznym stopniu ogranicza rozwój większości bakterii wegetatywnych w produk-

---

*Dr inż. D. Pietrzak, mgr inż. E. Trejda, Katedra Technologii Żywności, dr hab. M. Ziarno, Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa*

tach, jednak nie zapewnia ich jałowości ze względu na możliwość rozwoju mikroorganizmów przetrwalnikujących lub ciepłoopornych. Zagrożenie mogą stanowić także poprodukcyjne, wtórne zanieczyszczenia, do których dochodzi najczęściej podczas porcjowania lub pakowania produktów, na skutek nieprzestrzegania zasad higieny przez personel produkcyjny bądź handlowy, poprzez kontakt z zanieczyszczonymi powierzchniami składowymi lub przechowalniczymi. Ponadto w czasie przechowywania w warunkach chłodniczych próżniowo pakowanych przetworów mięsnych, w wyniku zahamowania rozwoju tlenowej mikroflory, rozwijać się mogą względnie beztlenowe drobnoustroje psychrotrofowe, w tym przede wszystkim bakterie fermentacji mlekowej oraz chorobotwórcze [8, 29].

W celu zabezpieczenia przetworów mięsnych przed rozwojem niepożądanych drobnoustrojów można zastosować metodę utrwalania, w której zapakowany produkt poddawany jest działaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (w skrócie HPP – High Pressure Processing). Metoda ta może być alternatywą lub uzupełnieniem konwencjonalnych zabiegów termicznych. Stopień inaktywacji drobnoustrojów zależy od takich czynników, jak: rodzaj i faza wzrostu mikroorganizmów, parametry procesu (wysokość ciśnienia, temperatura i czas), pH i składniki żywności. Formy wegetatywne drobnoustrojów są bardziej wrażliwe na działanie wysokiego ciśnienia, natomiast przetrwalniki można zniszczyć tylko w fazie kiełkowania lub stosując bardzo wysokie ciśnienie (powyżej 800 MPa) i ewentualnie podwyższoną temperaturę, co jest opisywane w piśmiennictwie. Szczególnie podkreślana jest skuteczność stosowania HPP jako procesu zapewniającego eliminację z mięsa i jego produktów bakterii z rodzaju: *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, a także *Aeromonas hydrophila* [1, 2, 4, 11, 28].

Wysokie ciśnienie może być wykorzystywane do szerokiego asortymentu przetworów mięsnych, a szczególnie do zapakowanych próżniowo wyrobów, które mogą być wtórnie zanieczyszczone podczas porcjowania lub pakowania [1, 2, 3, 10]. Oddziaływanie wysokiego ciśnienia na wyroby mięsne i produkty gotowe do spożycia jest dość dobrze poznane. Utrwalanie tą metodą szynki surowo dojrzewających czy parzonych, kielbas i dań gotowych do spożycia znalazło już szerokie zastosowanie w USA oraz wielu krajach europejskich. Warto podkreślić, że na świecie komory wysokociśnieniowe są już zainstalowane w ponad 150 zakładach przemysłu spożywczego, z czego ok. 30 % to zakłady mięsne. W Polsce, niestety, metoda ta nie jest jeszcze stosowana na skalę przemysłową. W Zakładzie Technologii Mięsa SGGW, w Warszawie, od kilku lat realizowane są badania, przy współpracy z Instytutem Wysokich Ciśnień PAN w Warszawie, dotyczące wpływu wysokich ciśnień na właściwości i trwałość przetworów mięsnych. Uzyskane dotychczas wyniki wskazują, że stosując odpowiednie parametry HPP można poprawić jakość oraz trwałość przechowalniczą wędzonek wieprzowych, zarówno gotowanych, jak i surowych [4, 5, 14]. Wysokie ciśnienie

nie może być również wykorzystywane do utrwalania żywności wygodnej, szczególnie z rozdrobnionego mięsa drobiowego, co zostało opisane we wcześniejszych artykułach [6, 12, 13, 15]. Stosowanie tej metody w celu zwiększenia trwałości wyrobów mięsnych gotowych do podgrzania (ready to heat) nadal jest jednak ograniczone. Natomiast popyt na tego typu wyroby jest coraz większy. Żywność wygodna z mięsa drobiowego, sprzedawana w postaci schłodzonej, charakteryzuje się krótkim okresem przydatności do spożycia, zwykle poniżej 10 dni. Ponadto, niewłaściwie odgrzewana i/lub przechowywana często jest przyczyną zatruc pokarmowych. Według Mor-Mur i Yuste [10], dzięki zastosowaniu HPP można uzyskać przetwory mięsne w pełni bezpieczne pod względem mikrobiologicznym, o wysokiej wartości odżywczej i przedłużonej trwałości. Jednak niekorzystne zmiany barwy oraz zwiększenie szybkości utleniania lipidów mięsa powodowane przez ciśnienie mogą ograniczać zastosowanie tej metody w przypadku niektórych produktów mięsnych [9, 10, 30].

Celem badań było określenie wpływu wysokiego ciśnienia na wybrane właściwości oraz trwałość zapakowanych próżniowo kotlecików z mięsa drobiowego.

### **Materiał i metody badań**

Materiał doświadczalny stanowiły kotleciki z rozdrobnionego mięsa drobiowego (surowiec do ich produkcji stanowiło mięso z piersi i nóg kurcząt), poddane obróbce termicznej, które kupowano następnego dnia po wytworzeniu bezpośrednio w Zakładach Drobiarsko-Mięsnych „Super-Drob” – oddział produkcyjny w Łodzi. Po przewiezieniu w torbie izotermicznej do Zakładu Technologii Mięsa SGGW w Warszawie kotleciki pakowano próżniowo w folię wielowarstwową przy użyciu pakowarki Multivac, a następnie część z nich poddawano działaniu wysokiego ciśnienia (500 MPa, 10 min, temp. 10 °C), pozostałe stanowiły próbę kontrolną. Proces ciśnieniowania przeprowadzano w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN w Warszawie, stosując urządzenie z komorą specjalnie skonstruowaną do utrwalania produktów spożywczych, o objętości około 2000 cm<sup>3</sup>, która może pracować przy maksymalnym ciśnieniu 900 MPa, w zakresie temperatury od -20 do +80 °C. Jako medium przenoszące ciśnienie zastosowano mieszaninę glikolu z wodą.

Po 24 h od zastosowania wysokiego ciśnienia oraz po 2 i 3 tygodniach przechowywania w temp. 4 - 6 °C wykonywano następujące badania:

- fizyczne – oznaczano wyciek przechowalniczy (kotleciki ważono przed zapakowaniem, a następnie po wyjęciu z opakowania po określonym czasie przechowywania – z różnicy mas wyliczano ilość wycieku), parametry barwy L\* a\* b\* przy użyciu aparatu Minolta CR-200 oraz siłę penetracji przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwicky 1120, stosując trzpień cylindryczny płaskościęty o Ø 13 mm,
- chemiczne – oznaczano podstawowy skład chemiczny w celu scharakteryzowania produktu, tj. zawartość wody przez suszenie próbki w temp. 105 °C do ustalenia



- stałej masy, białka metodą Kjeldahla w aparacie firmy Tecator [16], tłuszczu metodą Soxhleta [22] i soli kuchennej metodą Mohra [17] oraz szybkość utleniania lipidów na podstawie zmian zawartości substancji tworzących reakcję barwną z kwasem 2-tiobarbiturowym (wskaźnik TBARS) [25],
- mikrobiologiczne – obejmowały oznaczenie: ogólnej liczby bakterii tlenowych mezofilnych i psychrotrofowych w agarze odżywczym [18], liczby bakterii kwasu mlekowego w podłożu MRS [20], najbardziej prawdopodobnej liczby bakterii z grupy coli w podłożu z laktozą, żółcią i zielenią brylantową [23] oraz obecności enterokoków w podłożu z azydkiem sodowym i fioletem krystalicznym [19] – badania przeprowadzono w dwóch seriach, liczbę drobnoustrojów wyrażano jako średnią arytmetyczną w postaci jednostek tworzących kolonie w odniesieniu do 1 g produktu [jtk/g].

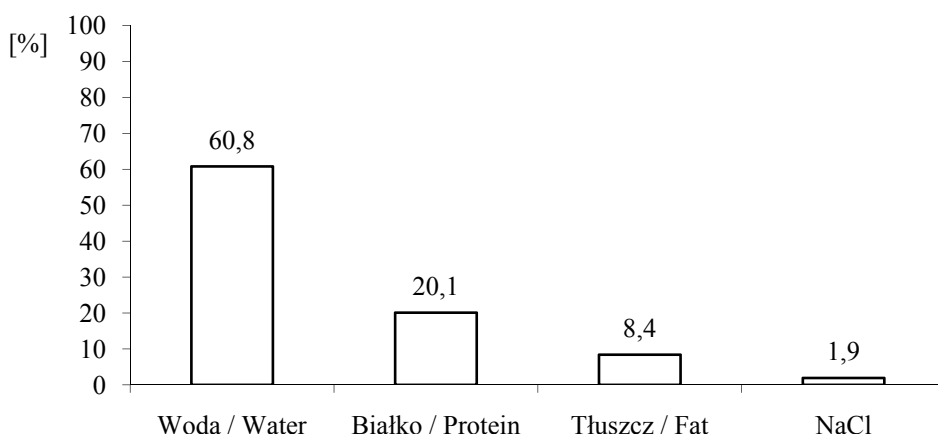
Eksperyment powtórzono czterokrotnie. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, używając programu Statgraphics 4.1 plus, przy zastosowaniu testu t-Studenta oraz jednoczynnikowej analizy wariancji. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi badań przeprowadzonych po różnym czasie przechowywania wyrobu szacowano testem Tukey'a.

## Wyniki i dyskusja

Podstawowy skład chemiczny kotlecików z mięsa drobiowego przedstawiono na rys. 1. Uzyskane wyniki wskazują, że był on zgodny z wymaganiami Polskiej Normy (która co prawda nie jest obligatoryjna, jednak producenci w dalszym ciągu deklarują zgodność swoich wyrobów z jej wymogami), według której niewędzone wyroby garmażeryjne z mięsa drobiowego powinny zawierać nie więcej niż 15 % tłuszczu i 2,5 % soli kuchennej [21]. Warto zauważyć, że zawartość tych składników w badanych kotlecikach była dużo mniejsza niż maksymalne, dopuszczalne limity podane w PN, co jest bardzo korzystne ze względów zdrowotnych.

Zastosowanie wysokiego ciśnienia nie wpłynęło w istotny sposób na ilość wycieku przechowalniczego w zapakowanych próżniowo kotlecikach z mięsa drobiowego (tab. 1). W miarę upływu czasu przechowywania ilość wycieku w opakowaniu nieznacznie zwiększała się, zarówno w kotlecikach kontrolnych, jak i ciśnieniowanych. Obserwacje te są zgodne z wynikami wcześniejszych badań, w których również nie stwierdzono wpływu wysokich ciśnień (400 i 500 MPa, 10 - 30 min, temp. 10 lub 20 °C) na ilość wycieku przechowalniczego w zapakowanych próżniowo zapiekanych pasztetach produkowanych z udziałem mięsa drobiowego odzyskanego mechanicznie (MDOM) oraz w panierowanych hamburgerach z mięsa drobiowego [12, 13]. Według Cheftel i Culioli [2] zastosowanie wysokich ciśnień powoduje m.in. wiązanie drobno rozdrobnionego farszu mięsnego oraz lepsze utrzymywanie wody dodanej w procesie technologicznym. Farsze takie charakteryzują się bardzo dobrymi cechami mechanicz-

nymi i termostabilnymi. Natomiast w wędzonkach wieprzowych (szynce gotowanej oraz polędwicy surowej i sopockiej) poddanych działaniu wysokich ciśnień (500 i 600 MPa, 10 - 30 min, temp. 10, 20 lub 40 °C) stwierdzono istotnie większą ilość wycieku przechowalniczego w stosunku do wyrobów kontrolnych [5, 14]. Świadczy to o niekorzystnym wpływie wysokich ciśnień na zdolność utrzymywania wody w tego typu wyrobach.



Rys. 1. Skład chemiczny kotlecików z mięsa drobiowego.

Fig. 1. Chemical composition of poultry burgers.

Parametry barwy ( $L^*a^*b^*$ ) kotlecików, które poddawano działaniu wysokiego ciśnienia, kształtowały się na zbliżonym poziomie, jak w wyrobach kontrolnych. Zastosowana metoda utrwalania nie wpłynęła również znacząco na teksturę kotlecików (siłę penetracji; tab. 1). Podczas 3-tygodniowego przechowywania zapakowanych próżniowo produktów w warunkach chłodniczych obserwowano stopniowe obniżanie wartości parametru barwy  $a^*$ , zarówno kotlecików kontrolnych, jak i ciśnieniowanych. Ponadto w kotlecikach kontrolnych stwierdzono istotny wzrost wartości siły penetracji. Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje, które dotyczyły wpływu wysokich ciśnień na jakość różnych przetworów mięsnych poddanych obróbce termicznej, m.in. pasztetów z MDOM, panierowanych hamburgerów z mięsa drobiowego oraz szynki wieprzowych [12, 13, 14]. W badaniach tych również nie stwierdzono, żeby produkty ciśnieniowane różniły się istotnie pod względem barwy i tekstury od kontrolnych. Niestety, nie wszystkie przetwory mięsne mogą być utrwalane metodą wysokich ciśnień. Podstawowym problemem, w przypadku mięsa i surowych przetworów mięsnych, są niekorzystne zmiany barwy [3]. Według Hać-Szymańczuk i wsp. [5] zastosowanie wysokich ciśnień wpłynęło na rozjaśnienie barwy surowej polędwicy wędzonej. W próbkach polędwicy poddawanych HPP oznaczano istotnie wyższe wartości

parametru barwy L\*, w porównaniu z wyrobami kontrolnymi. Cheftel i Culioli [2] wykazali, że barwa surowego mięsa wołowego oraz wieprzowego ulega pod wpływem wysokiego ciśnienia (powyżej 300 MPa) rozjaśnieniu, tzn. traci ona odcień czerwony, przechodząc w szarobrunatny, przypominający barwę mięsa po ugotowaniu.

Tabela 1

Wybrane wyróżniki jakości kotlecików drobiowych.  
Selected quality characteristics of poultry burgers.

Wyszczególnienie Specification	Czas przechowywania Time of storage	Wariant doświadczenia Variant of experiment	
		kontrolny / control	HPP
Wyciek przechowalniczy [%] Drip loss during storage [%]	1 dzień / 1day	2,5	2,7 <sup>a</sup>
	2 tygodnie / 2 weeks	2,7	2,8 <sup>a</sup>
	3 tygodnie / 3 weeks	2,8	3,0 <sup>b</sup>
a*	1 dzień / 1day	6,1 <sup>b</sup>	5,9 <sup>b</sup>
	2 tygodnie / 2 weeks	5,3 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>
	3 tygodnie / 3 weeks	5,0 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>
b*	1 dzień / 1day	17,8	17,8
	2 tygodnie / 2 weeks	17,5	17,2
	3 tygodnie / 3 weeks	17,7	17,4
L*	1 dzień / 1day	64,4	64,7
	2 tygodnie / 2 weeks	64,5	64,7
	3 tygodnie / 3 weeks	66,2	65,4
Siła penetracji [N] Penetration force [N]	1 dzień / 1day	26,5 <sup>a</sup>	27,8
	2 tygodnie / 2 weeks	28,7 <sup>ab</sup>	28,9
	3 tygodnie / 3 weeks	29,4 <sup>b</sup>	27,7
TBARS [mg AM/kg]	1 dzień / 1day	2,4	2,4
	2 tygodnie / 2 weeks	2,5	2,6
	3 tygodnie / 3 weeks	2,7	2,8

HPP – kotleciki poddawane działaniu wysokiego ciśnienia (500 MPa, 10 min, 10 °C) / high pressure-treated poultry burgers (500 MPa, 10 min, 10 °C)

<sup>a, b</sup> – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / values in the columns denoted by different letters differ statistically significantly ( $p \leq 0,05$ );

<sup>A, B</sup> – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / values in the rows denoted by different letters differ statistically significantly ( $p \leq 0,05$ ).

Wartości wskaźnika TBARS oznaczane w kotlecikach poddawanych działaniu wysokiego ciśnienia kształtowały się na zbliżonym poziomie, jak w wyrobach kontrolnych, a w miarę upływu czasu przechowywania stopniowo wzrastały, jednak nie były to różnice statystycznie istotne (tab. 1). Według wielu autorów zastosowanie wysokich ciśnień (powyżej 300 MPa) może przyspieszać utlenianie lipidów w mięsie i jego przetworach, szczególnie w tych o dużym udziale wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w które zasobne jest mięso drobiowe [2, 9, 30]. Wyniki badań w tym zakresie nie są jednak jednoznaczne. W zapiekanych pasztetach z MDOM poddanych działaniu wysokich ciśnień (400 i 500 MPa, 15 min, temp. 20 °C) szybkość utleniania lipidów była istotnie większa, w porównaniu z wyrobami kontrolnymi, zwłaszcza po 8 tygodniach przechowywania w temp. 4 - 6 °C [13]. Większa szybkość utleniania lipidów w ciśnieniowanych (400, 600 i 800 MPa, 2 min, temp. 0 °C) przetworach mięsnych, w stosunku do wyrobów kontrolnych, stwierdził także Fischer [3]. Jednak proces ten nie był na tyle intensywny, aby niekorzystne zmiany mogły być wyczuwalne sensorycznie. Nie wykazano natomiast istotnego wpływu wysokich ciśnień na wartości wskaźnika TBARS oznaczane w panierowanych hamburgerach z mięsa drobiowego [12].

W kotlecikach z mięsa drobiowego oznaczano liczbę bakterii mezofilnych, psychrotrofów oraz bakterii mlekowych (tab. 2), które co prawda nie są objęte wymaganiami rozporządzenia (WE) nr 1441/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych [24] i nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego, jednak mogą powodować zepsucie produktów spożywczych. Przyjmuje się za dopuszczalne zanieczyszczenie przetworów mięsnych drobnoustrojami saprofitycznymi na poziomie  $10^6$  jtk/g produktu, powyżej mogą już występować widoczne objawy zepsucia [7].

Bezpośrednio po ciśnieniowaniu liczba drobnoustrojów mezofilnych w kotlecikach kształtowała się na poziomie zbliżonym, jak w produktach kontrolnych (tab. 2). Podczas 3-tygodniowego przechowywania w warunkach chłodniczych w kotlecikach poddawanych działaniu wysokiego ciśnienia nie stwierdzano dalszego wzrostu tych bakterii. Natomiast w kotlecikach kontrolnych liczba bakterii mezofilnych po 2 tygodniach wynosiła  $4,9 \times 10^5$  jtk/g, a po 3 tygodniach –  $1,5 \times 10^7$  jtk/g. Zastosowanie HPP wpłynęło również korzystnie na zahamowanie w kotlecikach rozwoju drobnoustrojów psychrotrofowych i bakterii mlekowych. Po 3 tygodniach chłodniczego przechowywania ich liczba w kotlecikach kontrolnych zawierała się w przedziale  $1,3 \times 10^7$  -  $2,3 \times 10^7$  jtk/g i była o 6 cykli logarytmicznych wyższa, w porównaniu z wyrobami poddanymi działaniu wysokiego ciśnienia. Obecność bakterii mlekowych, zwłaszcza w przetworach mięsnych pakowanych próżniowo, potwierdzają wcześniejsze obserwacje m.in. Kordowskiej-Wiater i Łukasiewicz [7] oraz Leszczyńskiej-Fik i Fika [8]. Bakterie te mogą wywoływać niepożądane zmiany sensoryczne, np. smak i zapach

kwaśny, gryzący, jełki oraz śluzowacenie, a ich rozwój w przetworach mięsnych często wynika z niskiego poziomu higieny podczas pakowania.

Podczas 3-tygodniowego okresu przechowywania w żadnym z kotlecików nie stwierdzono obecności bakterii uważanych za główne wskaźniki jakości higienicznej, tzn. bakterii z grupy coli, które są wrażliwe na wysoką temperaturę obróbki oraz ciepłopornych enterokoków (tab. 2), co świadczy o zachowaniu odpowiednich warunków w trakcie procesu produkcji, pakowania i przechowywania.

Tabela 2

Jakość mikrobiologiczna kotlecików drobiowych.  
Microbial quality of poultry burgers.

Liczba drobnoustrojów [jtk/g produktu] Count of microorganisms [cfu/g of product]	Czas przechowywania Time of storage	Wariant doświadczenia Variant of experiment	
		kontrolny / control	HPP
Bakterie mezofilne tlenowe Mesophilic aerobic bacteria	1 dzień / 1 day	8,4x10 <sup>2</sup>	3,4x10 <sup>2</sup>
	2 tygodnie / 2 weeks	4,9x10 <sup>5</sup>	3,3x10 <sup>2</sup>
	3 tygodnie / 3 weeks	1,5x10 <sup>7</sup>	4,5x10 <sup>2</sup>
Bakterie psychrotrofowe Psychrotrophic bacteria	1 dzień / 1 day	5,5x10	1,5x10
	2 tygodnie / 2 weeks	5,5x10 <sup>5</sup>	3,0x10
	3 tygodnie / 3 weeks	2,3x10 <sup>7</sup>	7,3x10
Bakterie kwasu mlekowego Lactic acid bacteria	1 dzień / 1 day	b.w	b.w
	2 tygodnie / 2 weeks	2,3x10 <sup>5</sup>	1,5x10
	3 tygodnie / 3 weeks	1,3x10 <sup>7</sup>	2,0x10
Enterokoki Enterococci	1 dzień / 1 day	b.w	b.w
	2 tygodnie / 2 weeks	b.w	b.w
	3 tygodnie / 3 weeks	b.w	b.w
Bakterie z grupy coli Coliforms bacteria	1 dzień / 1 day	b.w	b.w
	2 tygodnie / 2 weeks	b.w	b.w
	3 tygodnie / 3 weeks	b.w	b.w

HPP – kotleciki poddawane działaniu wysokiego ciśnienia (500 MPa, 10 min, 10 °C) / high-pressured poultry burgers (500 MPa, 10 min, 10 °C)

b.w – brak wzrostu / no growth detected

We wcześniejszych badaniach wykazano, że ciśnienie rzędu 300 - 500 MPa (10 - 30 min, 20 °C) nie zabezpieczało wystarczająco gotowanej szynki wieprzowej przed rozwojem drobnoustrojów podczas chłodniczego przechowywania. Dopiero zastosowanie ciśnienia 600 MPa (10 min, 20 °C) lub 500 MPa, z jednoczesnym podniesieniem

temperatury w komorze do 40 °C lub obniżeniem jej do 10 °C pozwoliło przedłużyć okres przechowywania wędzonek do 8 tygodni, przy zachowaniu dobrej jakości mikrobiologicznej i pełnej akceptacji sensorycznej. Natomiast w zapiekanych pasztetach z MDOM poddawanych działaniu wysokiego ciśnienia (500 MPa, 15 min, 20 °C) stwierdzono całkowite zahamowanie rozwoju bakterii psychrotrofowych i mlekowych oraz znaczną redukcję bakterii mezofilnych. Podobny efekt uzyskano w panierowanych hamburgerach z mięsa drobiowego. Zastosowanie ciśnienia 500 MPa (10 min, temp. 10 °C) pozwoliło wydłużyć okres ich przechowywania do 3 tygodni [12, 13, 14].

### Wnioski

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu wysokiego ciśnienia (500 MPa, 10 min, temp. 10 °C) na ilość wycieku przechowalniczego, barwę, teksturę oraz szybkość utleniania lipidów w kotlecikach drobiowych.
2. Zastosowanie wysokiego ciśnienia spowodowało natomiast znaczną redukcję drobnoustrojów mezofilnych, psychrotrofowych oraz bakterii kwasu mlekowego w zapakowanych próżniowo kotlecikach podczas ich 3-tygodniowego przechowywania w temp. 4 - 6 °C. To wskazuje, że metoda wysokich ciśnień może być skutecznym sposobem przedłużenia trwałości tego typu wyrobów (przynajmniej do 3 tygodni).

### Literatura

- [1] Aymerich T., Picouet P.A., Monfort J.M.: Decontamination technologies for meat products. *Meat Sci.*, 2008, **78**, 114-129.
- [2] Cheftel J.C., Culioli J.: Effects of high pressure on meat: a review. *Meat Sci.*, 1997, **46**, 211-236.
- [3] Fischer S.: Fleischforschung und Entwicklung Hochdruckbehandlung von Fleischerzeugnissen. *Fleischwirt.*, 2007, **88 (7)**, 88-91.
- [4] Fonberg-Broczek M., Windyga B., Szczawiński J., Szczawińska M., Pietrzak D., Prestamo G.: High pressure processing for food safety. *Acta Biochimica Polonica*, 2005, **52**, 721-724.
- [5] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J., Tworzydłak S., Stolpe B.: Wpływ wysokiego ciśnienia na wybrane cechy jakościowe polędwicy sopockiej i surowej polędwicy wędzonej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **4 (45)**, 42-51.
- [6] Hayman M.M., Baxter I., O'riordan P.J., Stewart C.M.: Effects of high-pressure processing on the safety, quality and shelf life of read-to-eat meats. *J. Food Prot.*, 2004, **67**, 1709-1718.
- [7] Kordowska-Wiater M., Łukasiewicz B.: Wpływ sposobu pakowania na jakość mikrobiologiczną pasztetów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **2 (43)**, 84-94.
- [8] Leszczyńska-Fik A., Fik M.: Jakość mikrobiologiczna próżniowo pakowanych wędlin plasterkowanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, **4 (33)**, 52-60.
- [9] Malinowska-Pańczyk E., Kołodziejka I.: Możliwości wykorzystania wysokiego ciśnienia w przemyśle mięsnym i rybnym. *Med. Wet.*, 2009, **65**, 455-459.
- [10] Mor-Mur M., Yuste J.: High pressure processing applied to cooked sausage manufacture: physical properties and sensory analysis. *Meat Sci.*, 2003, **65**, 1187-1191.

- [11] Norton T., Sun D.-W.: Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food Bioprocess Technol.*, 2008, **1**, 2-34.
- [12] Pietrzak D., Ziarno M., Tyburcy A., Adamczak L., Trejda E., Fonberg-Broczek M.: Effects of high pressure processing on quality of poultry burgers. *Anim. Sci.*, 2007, Proc. **1**, 110-111.
- [13] Pietrzak D., Mroczek J., Skupiński S., Hać-Szymańczuk E., Fonberg-Broczek M.: Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na jakość zapiekanych pasztetów z udziałem mięsa drobiowego odżywanego mechanicznie. *Med. Wet.*, 2007, **63**, 870-873.
- [14] Pietrzak D., Fonberg-Broczek M., Mućka A., Windyga B.: Effect of high pressure treatment on the quality of cooked pork ham prepared with different levels of curing ingredients. *High Pressure Res.*, 2007, **27**, 27-31.
- [15] Pietrzak D.: Perspektywy stosowania wysokich ciśnień w produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **2 (69)**, 16-28.
- [16] PN-A-04018:1975. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
- [17] PN-A-82112:1973/Az1:2002. Oznaczanie zawartości soli kuchennej.
- [18] PN-A-82055-6:1994. Mięso i przetwory mięsne. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie ogólnej liczby drobnoustrojów.
- [19] PN-A-82055-7:1997. Mięso i przetwory mięsne. Badania mikrobiologiczne. Wykrywanie obecności i oznaczanie liczby enterokoków.
- [20] PN-A-82055-17:1997. Mięso i przetwory mięsne. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii kwasu mlekowego.
- [21] PN-A-86528: 1996. Produkty drobiarskie. Wyroby garmazeryjne gotowe z mięsa drobiowego. Wymagania i metody badań.
- [22] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- [23] PN-ISO 4831:1998. Mikrobiologia. Ogólne zasady oznaczania liczby bakterii z grupy coli. Metoda najbardziej prawdopodobnej liczby.
- [24] Rozporządzenie (WE) nr 1441/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 grudnia 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych. *Dz. Urz. UE L 322*, s. 15-22, z 7.12.2007.
- [25] Shahidi F.: The 2-thiobarbituric acid (TBA) methodology for the evaluation of warmed – over flavour and rancidity in meat products. 36<sup>th</sup> ICoMST, Cuba, 1990, p. 1008.
- [26] Słowiński M.: Polski przemysł drobiarski – wczoraj, dziś i jutro. *Mięso i Wędliny*, 2009, **(2)**, 12-15.
- [27] Stangierski J., Kijowski J.: Żywność wygodna z mięsa drobiowego. *Mięso i Wędliny*, 2002, **(7)**, 12-20.
- [28] Uradziński J., Jabłońska M., Jóźwik E.: Inactivation of *Campylobacter jejuni* in poultry meat by means of high-pressure. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 2008, **52**, 93-96.
- [29] Walczycka M.: Metody inaktywacji i hamowania wzrostu *Listeria monocytogenes* w przetworach mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **2 (43)**, 61-72.
- [30] Wiggers S.B., Kröger-Ohlsen M.V., Skibsted L.H.: Lipid oxidation in high pressure processed chicken breast during chill storage and subsequent heat treatment: effect of working pressure, packaging atmosphere and storage time. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, **219**, 167-170.

## **EFFECT OF HIGH PRESSURE ON SELECTED PROPERTIES AND SHELF-LIFE OF POULTRY BURGERS**

### **S u m m a r y**

The objective of this study was to determine the effect of high pressure treatment (500 MPa, 10 min, 10 °C) on the selected properties and shelf-life of poultry burgers. 24 hrs after the application of high pressure, and 2 and 3 weeks after storing the vacuum-packed patties burgers at a temperature of 4 - 6 °C, the physical, chemical, and microbial analyses were performed. It was found that, owing to the high pressure applied, it was possible to achieve a better micro-biological quality, thereby a long lasting shelf-life of the burgers. 3 weeks after storing the high pressure-treated burgers at 4 - 6 °C, the counts of mesophilic, psychrotrophic, and lactic acid bacteria in them were lower by 5 - 6 logs compared to the control products. At the same time, the application of high pressure did not significantly affect the level of drip loss during storage, nor the colour, texture, and lipid oxidation rate in the poultry patties (burgers).

**Key words:** poultry burgers, convenience food, high pressure, eservation, quality, shelf-life ☒



BARBARA BIESIADA-DRZAZGA, STANISŁAW SOCHA, ALINA JANOCHA,  
TERESA BANASZKIEWICZ, ADAM KONCEREWICZ

## OCENA WARTOŚCI RZEŻNEJ I JAKOŚCI MIĘSA BAŻANTÓW ŁOWNYCH (*PHASIANUS COLCHICUS*)

### Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie wartości rzeźnej i jakości tkanki mięśniowej bażantów odchowywanych w systemie wolierowym. W wieku 20 tygodni kury osiągnęły średnią masę ciała 813 g, a koguty 1039 g. Samce charakteryzowała istotnie większa wydajność rzeźna niż samice (71,8 i 68,9 %) oraz większa masa tuszki patroszonej (735,7 i 550,4 g). Niezależnie od płci ptaki charakteryzowało zbliżone umięśnienie piersi (27,5 i 27,7 %) i nóg (19,3 i 19,1 %), i jednocześnie nieco mniejsze otłuszczenie tuszki kogutów (6,6 %) w porównaniu z kurami (7,8 %). Mięśnie piersiowe w porównaniu z mięśniami nóg zawierały więcej suchej masy (27,23 i 26,31 %), w tym białka ogólnego (25,09 i 23,30 %) i jednocześnie dwukrotnie mniej tłuszczu (0,84 i 1,76 %). Tłuszcz mięśniowy, niezależnie od rodzaju mięśnia, odznaczał się korzystnym profilem kwasów tłuszczowych. Mięśnie piersiowe zawierały 30,59 % SFA i 69,18 % UFA, natomiast mięśnie nóg odpowiednio 29,78 i 69,76 %.

**Słowa kluczowe:** bażanty, wartość rzeźna, jakość mięśni piersiowych i nóg

### Wprowadzenie

Podstawowym celem hodowli bażantów w Polsce jest introdukcja do naturalnego środowiska bytowania ptaków. Jednak ze względu na specyficzne i cenne walory smakowe oraz wysoką wartość odżywczą, bażanty użytkuje się także w celach kulinarnych.

Odchów bażantów rzeźnych może być zakończony między 11. a 24. tygodniem życia. Termin zakończenia odchovu wiąże się z masą ciała uzyskaną przez ptaki, która powinna wynosić 1 kg, a bażant powinny się odznaczać się pełnym upierzeniem. Spełnienie tych warunków zależy od żywienia i utrzymania ptaków, odmiany i płci [1, 3]. W środowisku naturalnym bażant jest ptakiem wszystkożernym. Przy utrzymywaniu

---

*Dr hab. B. Biesiada-Drzazga, prof. dr hab. S. Socha, A. Koncerewicz, Katedra Metod Hodowlanych, Hodowli Drobni i Małych Przeżuwaczy, dr inż. A. Janocha, dr hab. T. Banaszkiwicz, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej, Wydz. Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce*

bażantów w chowie zamkniętym stosuje się dwa sposoby ich żywienia: intensywny i ekstensywny. Przy odchowie bażantów przeznaczonych do zasiedleń łowisk stosuje się najczęściej ekstensywny sposób żywienia. Pozwala on na uzyskanie ptaków stosunkowo lekkich, ale bardzo odpornych i żywotnych, łatwo adaptujących się do naturalnych warunków życia [5, 6]. W użytkowaniu rzeźnym bażanty żywi się najczęściej mieszankami treściwymi, zawierającymi w początkowym okresie odchovu (do 4 tyg.) około 25 - 26 % białka ogólnego, następnie do 8. tygodnia około 20 - 21,5 %, a potem mieszankami o zawartości 16 - 17 % tego składnika [2, 9]. Stosunkowo niewiele badań dotyczy oceny składu tkankowego tuszek bażantów i jakości ich mięsa [1, 3, 7], co skłoniło autorów do podjęcia niniejszych badań.

Celem podjętych badań było określenie wartości rzeźnej i jakości tkanki mięśniowej bażantów odchowywanych w systemie wolierowym.

### **Material i metody badań**

Material badawczy stanowiły bażanty łowne (*Phasianus colchicus*) użytkowane w kierunku mięsnym. Ptaki utrzymywano w częściowo zadaszonych wolierach na piaszczysto-żwirowym podłożu. Żywiono je do woli, stosując w pierwszych 4 tygodniach życia mieszanki treściwe zawierające 29 % białka ogólnego, 11,5 MJ energii metabolicznej i 3,6 % włókna surowego, a w okresie do 10. tygodnia odpowiednio 23 %, 11,5 MJ i 4 %. Powyżej tego wieku, do końca odchovu stosowano żywienie paszami gospodarskimi tj. dziennie ptakom podawano do 50 g ziarna pszenicy i kukurydzy oraz do woli zielonkę, którą stanowiła mieszanka kukurydzy, słonecznika, lucerny, traw i kapusty pastewnej.

W czasie odchovu kontrolowano masę ciała ptaków i upadki oraz rejestrowano ilość i rodzaj podawanych pasz. Ptaki odchowywano 20 tygodni. Następnie losowo wybierano i ubijano po 10 kur i 10 kogutów, a następnie przeprowadzano ich analizę rzeźną według metodyki podanej przez Ziółckiego i Doruchowskiego [10]. Ważono z dokładnością do 0,1 g podroby (oddzielnie serce, wątrobę i żołądek), wnętrzności niejadalne, głowę i skoki, a następnie określano wydajność rzeźną ptaków. Tuszki chłodzono w temp. ok. 8 - 10 °C i po 24 h dysekowano. Z każdej tuszki oddzielano i ważono skórę z tłuszczem podskórnym, mięśnie piersiowe, mięśnie nóg oraz tzw. pozostałość tuszki. Do analiz chemicznych pobrano próbki mięśni piersiowych i udowych do oznaczenia zawartości składników podstawowych według AOAC [11] oraz składu i udziału poszczególnych kwasów tłuszczowych we frakcji lipidowej. Analizy składu kwasów tłuszczowych wykonano techniką chromatografii gazowej estrów metylowych według Matyki [4], stosując chromatograf gazowy CHROM-5, wyposażony w detektor płomieniowo-jonizujący (powietrze-wodór). Zastosowano kolumnę szklaną z wypełnieniem Silar 5 CP o długości 2,5 m; temperatura komory nastrzykowej i detektora wynosiła 250 °C, a kolumny 192 °C. Użyto azotu jako gazu nośnego, którego

przepływ wynosił 30 ml na minutę. Uzyskane w badaniach wyniki opracowano statystycznie za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi sprawdzono wielokrotnym testem rozstępu Duncan (StatSoft® [8]).

## Wyniki i dyskusja

W 20. tygodniu życia kury bażantów ważyły średnio 813 g, a koguty 1039 g (tab. 1). Uzyskane wyniki masy ciała kur i kogutów okazały się wyraźnie mniejsze od rezultatów innych badań [1]. Koguty o istotnie większej masie ciała wykazywały również istotnie większą masę podrobów (serce, żołądek, wątroba) oraz masę odpadów poubojowych i wnętrzności niejadalnych. Mimo to stwierdzono istotnie ( $P \leq 0,05$ ) większą wydajność rzeźną kogutów w porównaniu z kurami (odpowiednio 71,8 i 68,9 %). Uzyskana w badaniach własnych wydajność rzeźna bażantów była zbliżona do wyników otrzymanych przez Kokoszyńskiego i Korytkowską [1]. Podobnie, jak w badaniach cytowanych autorów, tak i w badaniach własnych, wydajność rzeźna kogutów była większa niż kur.

W tab. 2. zestawiono wartości średnie masy tuszki i jej składników tkankowych. Średnia masa tuszki patroszonej (uwzględniająca obie płcie) wynosiła 643,2 g. Statystycznie istotne zróżnicowanie masy tuszek stwierdzono w zależności od płci. Koguty wykazywały istotnie większą masę tuszki oraz masę wszystkich jej składników tkankowych. Ich średnia masa mięśni piersiowych i mięśni nóg wynosiła 344 g, skóry z tłuszczem podskórnym 49 g, a tzw. pozostałości tuszki 343 g, natomiast w tuszkach kur odpowiednio 258, 43 i 249 g. Tuszki kogutów charakteryzowały się zbliżonym umięśnieniem w porównaniu z tuszkami kur i jednocześnie nieznacznie mniejszym otłuszczeniem. Stosunek mięśni do tłuszczu w tuszce, wynoszący średnio 7,1 : 1 - 6 : 1 wskazuje na wyjątkowo korzystny stosunek obu tych tkanek.

W tab. 3. przedstawiono skład chemiczny mięśni bażantów [%] oraz udział [% sumy] kwasów tłuszczowych w lipidach analizowanych mięśni. Mięśnie piersiowe w porównaniu z mięśniami nóg zawierały więcej suchej masy (27,23 i 26,31 %), w tym białka ogólnego (25,09 i 23,30 %) i jednocześnie dwukrotnie mniej tłuszczu surowego (0,84 i 1,76 %). Uzyskane wyniki wskazują na korzystny skład chemiczny mięśni bażantów, wartościowy pod względem żywieniowym. Tłuszcz mięśniowy, niezależnie od rodzaju mięśnia, charakteryzował się korzystnym profilem kwasów tłuszczowych. Mięśnie piersiowe zawierały 30,59 % SFA i 69,18 % UFA, a mięśnie nóg odpowiednio 29,78 i 69,76 %. Jednonienasycone kwasy tłuszczowe stanowiły w mięśniach piersiowych 45,55 %, a wielonienasycone 23,63 %, natomiast w mięśniach nóg było odpowiednio 45,65 i 24,11 %. W dostępnej literaturze brak jest prac dotyczących oceny tłuszczu mięśniowego bażantów utrzymywanych w systemie zamkniętym. Uzyskane wyniki dowodzą, że mięśnie piersiowe i mięśnie nóg bażantów

łownych, utrzymywanych w systemie zamkniętym, charakteryzuje dobra wartość odżywcza.

Tabela 1

Wartości średnie ( $\bar{x}$ ) i odchylenie standardowe (SD) wyników analizy rzeźnej bażantów.  
Mean values ( $\bar{x}$ ) and standard deviation (SD) of pheasants slaughter analysis.

Cecha Trait	Miara statystyczna Statistical measure	Samce Males	Samice Females	$\bar{X}$ (♀ + ♂)
Masa ciała przed ubojem Body weight before slaughter	$\bar{x}$ [g]	1039,0 <sup>a</sup>	813,0 <sup>b</sup>	926,0
	SD [g]	25,12	6,88	11,76
	[%]	100,0	100,0	100,0
Krew i pierze Blood and feathering	$\bar{x}$ [g]	94,6 <sup>b</sup>	104,5 <sup>a</sup>	99,7
	SD [g]	3,26	7,11	4,61
	[%]	9,1	12,9	10,8
Głowa Head	$\bar{x}$ [g]	52,2 <sup>A</sup>	35,0 <sup>B</sup>	43,6
	SD [g]	3,12	2,11	2,63
	[%]	5,0	4,3	4,7
Skoki Shanks	$\bar{x}$ [g]	19,0	17,2	18,1
	SD [g]	2,02	3,00	2,54
	[%]	1,8	2,1	2,0
Wnętrznosci niejadalne Inedible viscera	$\bar{x}$ [g]	81,5 <sup>A</sup>	55,5 <sup>B</sup>	68,3
	SD [g]	4,11	4,12	4,00
	[%]	7,8	6,8	7,4
Serce Heart	$\bar{x}$ [g]	5,5	4,3	4,9
	SD [g]	0,71	0,63	0,53
	[%]	0,50	0,5	0,5
Wątroba Liver	$\bar{x}$ [g]	21,0 <sup>A</sup>	16,2 <sup>B</sup>	18,6
	SD [g]	1,11	2,01	2,00
	[%]	2,0	2,4	2,0
Żołądek Gizzard	$\bar{x}$ [g]	19,5	19,8	19,7
	SD [g]	2,11	0,98	2,63
	[%]	1,9	2,4	2,1
Podroby Giblets	$\bar{x}$ [g]	46,0 <sup>a</sup>	40,4 <sup>b</sup>	43,2
	SD [g]	2,13	3,01	2,63
	[%]	4,4	5,0	4,7
Wnętrznosci niejadalne i odpady poubojowe Inedible entrails and abattoir waste	$\bar{x}$ [g]	247,3	212,2	229,7
	SD [g]	5,87	9,11	7,98
	[%]	23,8	26,1	24,8
Wydajność rzeźna Dressing percentage	$\bar{x}$ [%]	71,8 <sup>a</sup>	68,9 <sup>b</sup>	70,5
	SD [%]	5,22	3,98	4,07

Objaśnienia : / Explanatory notes :

<sup>a,b</sup> – statystycznie istotne różnice między samcami i samicami przy  $P \leq 0,05$ / statistically significant differences between the males and the females at  $P \leq 0.05$

<sup>A,B</sup> – statystycznie istotne różnice między samcami i samicami przy  $P \leq 0,01$ / statistically significant differences between the males and the females at  $P \leq 0.01$

Tabela 2

Wartości średnie ( $\bar{x}$ ) i odchylenie standardowe [SD] wyników analizy dysekccyjnej bażantów.  
Mean values ( $\bar{x}$ ) and standard deviation [SD] of dissection analysis of pheasants.

Cecha Trait	Miara statystyczna Statistical measure	Samce Males	Samice Females	$\bar{x}$ (♀ + ♂)
Tuszka patroszona Eviscerated carcass	$\bar{x}$ [g]	735,7 <sup>A</sup>	550,4 <sup>B</sup>	643,2
	SD [g]	13,75	19,21	17,63
	[%]	100,0	100,0	100,0
Mięśnie piersiowe Breast muscles	$\bar{x}$ [g]	202,1 <sup>A</sup>	152,6 <sup>A</sup>	177,4
	SD [g]	4,71	9,13	8,77
	[%]	27,5	27,7	27,6
Mięśnie nóg Muscles of legs	$\bar{x}$ [g]	141,8 <sup>a</sup>	105,4 <sup>b</sup>	123,6
	SD [g]	2,95	4,98	4,90
	[%]	19,3	19,1	19,2
Mięśnie ogółem Muscles in total	$\bar{x}$ [g]	343,9 <sup>A</sup>	258,0 <sup>B</sup>	301,0
	SD [g]	11,00	12,62	10,92
	[%]	46,8	46,9	46,8
Skóra z tłuszczem podskórnym Skin with subcutaneous fat	$\bar{x}$ [g]	48,7 <sup>a</sup>	43,2 <sup>b</sup>	46,0
	SD [g]	2,61	4,63	4,02
	[%]	6,6	7,9	7,2
Pozostałość tuszki Carcass remnant	$\bar{x}$ [g]	343,1 <sup>a</sup>	249,2 <sup>b</sup>	296,2
	SD [g]	19,10	9,23	10,62
	[%]	46,6	45,3	46,1
Mięśnie : Tłuszcz Muscles : Fat	$\bar{x}$	7,1:1	6:1	6,5:1
Mięśnie : Pozostałość tuszki Muscles : Carcass remnant	$\bar{x}$	1:1	1:1	1:1

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

Tabela 3

Skład chemiczny mięśni [%] i udział [% sumy] kwasów tłuszczowych w lipidach mięśni.  
Chemical composition of muscles [%] and content [% of sum] of fatty acids in lipids in muscles.

Wyszczególnienie Item	Mięśnie piersiowe Breast muscles	Mięśnie nóg Muscles of legs
Podstawowe składniki pokarmowe / Basic food components:		
Sucha masa / Dry matter	27,23	26,31
Popiół surowy / Raw ash	1,27	1,28
Białko ogólne / Total protein	25,09 <sup>a</sup>	23,30 <sup>b</sup>
Tłuszcz surowy / Raw fat	0,84 <sup>b</sup>	1,76 <sup>a</sup>

c.d. Tab. 3.

Kwasy tłuszczowe / Fatty acids:		
C <sub>14:0</sub> mirystynowy Miristic C <sub>14:0</sub>	0,34	0,32
C <sub>16:0</sub> palmitynowy Palmitic C <sub>16:0</sub>	24,18	23,35
C <sub>16:1</sub> palmitoleinowy Palmitoleic C <sub>16:1</sub>	5,41 <sup>b</sup>	6,11 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub> stearynowy Stearic	5,94	5,88
C <sub>18:1</sub> oleinowy Oleic C <sub>18:1</sub>	39,89	39,29
C <sub>18:2</sub> linolowy Linoleic C <sub>18:2</sub>	21,07	21,27
C <sub>18:3</sub> linolenowy Linolenic C <sub>18:3</sub>	1,44	1,61
C <sub>20:0</sub> arachidonowy Arachidic C <sub>20:0</sub>	0,13 <sup>b</sup>	0,23 <sup>a</sup>
C <sub>20:1</sub> eikozenowy Eicosanoic C <sub>20:1</sub>	0,15	0,14
C <sub>20:2</sub> eikozadienowy Eicosadienoic C <sub>20:2</sub>	0,06	0,05
C <sub>20:4</sub> arachidonowy Arachidonic C <sub>20:4</sub>	0,97	1,03
Nasycone Saturated (SFA)	30,59	29,78
Nienasycone Unsaturated (UFA)	69,18	69,76
Jednonienasycone Monounsaturated (MUFA)	45,55	45,65
Wielonienasycone Polyunsaturated (PUFA)	23,63	24,11
DFA(UFA+C <sub>18:0</sub> )Hipocholesterolemiczne Hypocholesterolemic	75,12	75,64
OFA (C <sub>14:0</sub> +C <sub>16:0</sub> ) Hipercholesterolemiczne Hypercholesterolemic	24,52	23,67

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

## Wnioski

1. Odchów bażantów systemem wolierowym do wieku 20 tygodni pozwala na uzyskiwanie ptaków o stosunkowo wysokiej masie ciała (♂ 1038 g, ♀ 813 g) i dobrej wydajności rzeźnej (odpowiednio 71,8 i 68,9 %).
2. W tuszkach bażantów rzeźnych mięśnie piersiowe stanowiły średnio 27,6 %, mięśnie nóg 19,2 %, a skóra z tłuszczem podskórnym 7,2 % masy tuszki.
3. Mięśnie piersiowe w porównaniu z mięśniami nóg zawierały więcej suchej masy (27,23 i 26,31 %), w tym białka ogólnego (25,09 i 23,30 %) i jednocześnie dwukrotnie mniej tłuszczu surowego (0,84 i 1,76 %). Tłuszcz mięśniowy, niezależnie od rodzaju mięśnia, charakteryzował się korzystnym profilem kwasów tłuszczowych.

## Literatura

- [1] Kokoszyński D., Korytkowska H.: Wpływ stosowania ziarna pszenicy na cechy poubojowe bażantów łownych. Mat. XX Int. Poultry Symp. PB WPSA, 2008, pp.111-112.
- [2] Kruszewicz A.G., Manelski B.: Bażanty: gatunek, pielęgnacja, choroby. Woliera, 2002, ss. 7-95.
- [3] Krystianiak S., Targowski J.: Wpływ dwóch systemów żywienia na wyniki odchovu bażantów łownych (*Phasianus colchicus* L.) odmiany polskiej i francuskiej. Zesz. Nauk. Przegł. Hod., 1998, **36**, 201-209.
- [4] Matyka S.: Rutynowa metoda oznaczania składu i zawartości kwasów tłuszczowych w mieszankach i komponentach paszowych. Biul. Inf. Przem. Pasz., 1976, **15**, 38-42.
- [5] Mróz E.: Bażanty. Ogólnopolski Informator Drobiarski, 1998, **29**, 4-28.
- [6] Nowaczewski S.: Bażant łowny – ptak godny uwagi. Poradnik Gospodarski, 2000, **7-8**, 44-45.
- [7] Nowaczewski S., Krystianiak S., Kontecka H., Targowski J.: Charakterystyka wybranych cech genotypowych bażantów łownych utrzymywanych na fermie w Gorzeniu. Zesz. Nauk. Przegł. Hod., 1999, **45**, 183-184.
- [8] StatSoft, Inc., 2001. Statistica (data analysis software system), version 6.
- [9] Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz.: Wyd. PAN, Jabłonna 2005.
- [10] Ziotecki J., Doruchowski W.: Metodyka oceny wartości rzeźnej drobiu. Wyd. COBRD, Poznań 1989.
- [11] AOAC. Official Methods of Analysis. 17<sup>th</sup> Edition – Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 2000.

## ASSESSMENT OF SLAUGHTER VALUE AND QUALITY OF MEAT IN COMMON ‘GAME’ PHEASANTS (*PHASIANUS COLCHICUS*)

### Summary

The objective of the paper was to assess the slaughter value and quality of muscular tissue in pheasants reared in an aviary system. At the age of 20 weeks, the average weight of hens was 813 g and of cocks 1039 g. Compared to females, the males were characterized by a significantly higher slaughter value (71.8 and 68.9 %, respectively) and a significantly higher weight of eviscerated carcass (735.7 and 550.4 g,

respectively). Irrespective of their gender, the birds showed a similar breast musculature (27.5 and 27.7 %, respectively) and leg musculature (19.3 and 19.1%, respectively); however, the fatness of carcasses (6.6%) was a little lower in cocks than that in hens (7.8%). Compared to the leg muscles, the breast muscles contained more dry matter (27.23 and 26.31 %, respectively), including total protein (25.09 and 23.30 %) and, at the same time, their fat was twofold lower (0.84 and 1.76 %). The intramuscular fat was characterized by a valuable fatty acid profile regardless of the muscle type. The breast muscles contained 30.59 % of SFA and 69.18 % of UFA, whereas the leg muscles: 29.78 and 69.76 %, respectively.

**Key words:** pheasants, slaughter value, quality of breast leg muscles ☒



AGNIESZKA NARWOJSZ, EULALIA J. BOROWSKA

## ZMIANY SKŁADNIKÓW STRUKTUROTWÓRCZYCH OWOCÓW PORZECZKI CZARNEJ PODCZAS MACERACJI MIAZGI A UWALNIANIE POLIFENOLI DO SOKU

### Streszczenie

Celem pracy było określenie przemian pektyn i błonnika podczas obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej różnymi sposobami przed procesem tłoczenia oraz określenie wpływu tych przemian na wydajność soku oraz uwalnianie polifenoli, w tym antocyjanów. Miazgę owoców przed tłoczeniem soku poddano zróżnicowanej obróbce: cieplnej, enzymatycznej lub łączonej, w której maceracja enzymatyczna poprzedzona była obróbką cieplną.

Do maceracji miazgi zastosowano następujące preparaty: Pectinex BE Colour, Pectinex BE XXL oraz Gammapect LC Color, różniące się składem enzymów i aktywnością. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Do oceny istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano test Duncana.

Wykazano, że przemiany pektyn i błonnika uzależnione były od sposobu obróbki miazgi, w tym rodzaju zastosowanego preparatu enzymatycznego. Zmniejszenie zawartości pektyn ogółem w miazgach po obróbce cieplnej, enzymatycznej lub łączonej, w porównaniu z miazgą kontrolną, stanowiło od 12 do 50 %. Analizując skład frakcji pektyn, stwierdzono wzrost zawartości pektyn rozpuszczalnych w wodzie i równoległe zmniejszenie ilości pektyn rozpuszczalnych w szczawianach. Nastąpiło także zmniejszenie zawartości celulozy. Zmniejszeniu zawartości pektyn ogółem, w tym protopektyny, oraz zmniejszeniu zawartości celulozy towarzyszył wzrost wydajności soku oraz bardziej efektywne uwalnianie związków fenolowych, w tym antocyjanów.

**Słowa kluczowe:** pektyny, błonnik, porzeczka czarna, obróbka miazgi, wydajność soku, polifenole

### Wprowadzenie

Owoce porzeczki czarnej stanowią cenny surowiec do otrzymywania soków ze względu na dużą zawartość składników biologicznie aktywnych, wykazujących m.in. właściwości przeciwutleniające [22]. Związki te reprezentowane są przez witaminę C

i polifenole, a wśród nich antocyjany, kwasy fenolowe, flawanole, flawonole i proantocyjanidyny [20].

W przemysłowym procesie otrzymywania soków istotne jest uzyskanie możliwie jak największej wydajności soku. Dla konsumenta natomiast najważniejsze są cechy prozdrowotne i sensoryczne nabywanego produktu. Warunki procesu technologicznego powinny być zatem tak dobrane, aby jednocześnie spełniały wskazane powyżej założenia.

Porzeczka czarna, ze względu na dużą zawartość pektyn, zwłaszcza frakcji powodujących nadmierną lepkość miazgi, należy do owoców trudno poddających się tłoczeniu, co uzasadnia stosowanie wstępnej obróbki cieplnej bądź enzymatycznej owoców [18]. Obróbka taka wskazana jest również ze względu na uzyskanie odpowiedniej zawartości polifenoli w soku, w tym antocyjanów, które w owocach porzeczki zlokalizowane są w skórce [7, 13, 24]. W komórkach związku te występują w wakuolach, w postaci granulek różnej wielkości, natomiast ściany komórkowe nie zawierają antocyjanów [25]. Ściany komórkowe zbudowane są ze zwartej sieci celulozy i hemiceluloz, osadzonej w matrycy pektyn [8]. W związku z tym wydobycie antocyjanów ze struktur komórkowych nie jest łatwe i jest mniej efektywne niż innych związków fenolowych. Po wytłoczeniu soku duża część antocyjanów pozostaje w wyciekach [6, 11, 21]. W celu ułatwienia tłoczenia i osiągnięcia zadowalającej wydajności soku oraz poprawy efektywności uwalniania polifenoli, w tym antocyjanów, przed tłoczeniem stosuje się obróbkę miazgi. Do obróbki miazgi z owoców porzeczki czarnej zaleca się macerację enzymatyczną, obróbkę cieplną lub łączoną [17, 18]. Podczas tej obróbki w miazdze zachodzą przemiany składników strukturotwórczych w znaczącym stopniu warunkujące zarówno wydajność soku, jak i uwalnianie polifenoli z miazgi do soku [2, 11].

W związku z powyższym, celem pracy było określenie przemian pektyn i błonnika podczas obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej różnymi sposobami oraz określenie wpływu tych przemian na wydajność soku oraz uwalnianie polifenoli, w tym antocyjanów.

### **Materiał i metody badań**

Materiał badawczy stanowiły owoce porzeczki czarnej odmiany Öjebyn w postaci miazgi oraz otrzymane z nich soki. Owoce pochodziły z terenu województwa warmińsko-mazurskiego. Surowiec do badań w stadium dojrzałości konsumpcyjnej zakupiono w handlu detalicznym. W celu zabezpieczenia surowca do doświadczenia technologicznego owoce myto, osuszano, a następnie zamrażano. Zamrożone owoce przechowywano w temp.  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  nie dłużej niż 4 tygodnie. Doświadczenie przeprowadzono w skali laboratoryjnej.

W celu otrzymania miazgi owoce rozmrażano przez 12 h w temp. 4 °C, a następnie rozdrabniano przy użyciu urządzenia laboratoryjnego (typ ZM Mesko). Uzyskaną miazgę podzielono na osiem próbek, które poddano obróbce według następujących wariantów:

- 1 – bez obróbki miazgi (próba kontrolna),
- 2 – obróbka cieplna,
- 3 – maceracja enzymatyczna – Pectinex BE Colour,
- 4 – maceracja enzymatyczna – Pectinex BE XXL,
- 5 – maceracja enzymatyczna – Gammapect LC Color;
- 6 – obróbka cieplna, maceracja enzymatyczna – Pectinex BE Colour,
- 7 – obróbka cieplna, maceracja enzymatyczna – Pectinex BE XXL,
- 8 – obróbka cieplna, maceracja enzymatyczna – Gammapect LC Color.

Preparaty enzymatyczne – Pectinex BE Colour i Pectinex BE XXL pochodziły z firmy Novozymes A/S (Dania), a Gammapect LC Color – Gamma Chemie GmbH (Niemcy).

Dawki poszczególnych preparatów enzymatycznych określano doświadczalnie, przyjmując za podstawę zakresy zalecane przez firmy dla owoców porzeczki czarnej. Ilości preparatów dodanych do 1 kg miazgi wynosiły odpowiednio: Pectinex BE Colour – 0,20 cm<sup>3</sup>, Pectinex BE XXL – 0,30 cm<sup>3</sup> i Gammapect LC Color – 0,14 cm<sup>3</sup>. Przed dodaniem do miazgi preparaty rozcieńczano 10-krotnie wodą redestylowaną.

Obróbkę cieplną miazgi prowadzono w temp. 85 °C przez 5 min, a macerację enzymatyczną w temp. 50 °C przez 1,5 h. Miazgi, do których dodano preparat enzymatyczny ogrzewano po zakończeniu maceracji w temp. 85 °C przez 2 min w celu inaktywacji enzymów. Miazgi po przeprowadzonej obróbce (każdy wariant) dzielono na dwie części, z których jedną przeznaczano do oznaczenia zawartości składników strukturotwórczych, drugą natomiast poddawano tłoczeniu w prasie laboratoryjnej (ZPBB O/Bydgoszcz) celem uzyskania soku.

W miazgach po obróbce oznaczano zawartość pektyn ogółem i ich frakcji [28]: pektyn rozpuszczalnych w wodzie, pektyn rozpuszczalnych w roztworze szczawianów, protopektyny oraz zawartość błonnika detergentowego kwaśnego [1], w tym lignin i celulozy [1]. Z poszczególnych wariantów obróbki miazgi określano wydajność soku oraz stopień uwolnienia związków fenolowych ogółem, w tym antocyjanów, do soku. Wydajność soku określano w odniesieniu do masy miazgi poddanej tłoczeniu. Stopień uwolnienia polifenoli/ antocyjanów obliczano, biorąc pod uwagę zawartość polifenoli/ antocyjanów w miazdze kontrolnej (wariant 1) oraz zawartość polifenoli/antocyjanów w sokach (wariant 1-8). Zawartość związków fenolowych ogółem oznaczano wg Singletona i Rossi [19], a antocyjanów wg Wrolstad [27].

Doświadczenie technologiczne przeprowadzono dwukrotnie, a wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, stosując jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wynikami średnimi weryfikowano testem Duncana, na poziomie istotności  $p < 0,05$ , przy użyciu programu komputerowego Statistica 8.0 PL.

## Wyniki i dyskusja

Poddanie miazgi z owoców obróbce przed tłoczeniem soku prowadzi do przemian związków pektynowych i błonnika w wyniku działania na miazgę owoców ciepła i/lub enzymów. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowane różne sposoby obróbki miazgi owocowej spowodowały statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie zawartości pektyn ogółem w porównaniu z próbą kontrolną (tab. 1). Największe zmniejszenie zawartości tych związków powodowała maceracja enzymatyczna. Najmniej pektyn ogółem, ok. 2-krotnie mniej niż w miazdze kontrolnej, stwierdzono w miazdze poddanej maceracji enzymatycznej preparatem Pectinex BE Colour.

Tabela 1

Zawartość pektyn ogółem oraz ich frakcji w miazgach z owoców porzeczki czarnej.  
Content of total pectins and their fractions in blackcurrant fruit mash.

Sposób obróbki miazgi Method of mash treatment	Pektyny ogółem Total pectins [g /100 g]	Pektyny rozpuszczalne w wodzie Water soluble pectins [g /100 g]	Pektyny rozpuszczalne w szczawianach Oxalate soluble pectins [g /100 g]	Protopektyna Protopectin [g /100 g]
Próba kontrolna (1) Control sample (1)	2,52 <sup>h</sup> ± 0,06	0,53 <sup>a</sup> ± 0,02	0,66 <sup>f</sup> ± 0,03	1,33 <sup>g</sup> ± 0,01
Ciepła (2) Heat (2)	1,88 <sup>e</sup> ± 0,03	0,81 <sup>e</sup> ± 0,03	0,45 <sup>e</sup> ± 0,01	0,62 <sup>d</sup> ± 0,01
Pectinex BE Colour (3)	1,25 <sup>a</sup> ± 0,01	0,79 <sup>e</sup> ± 0,02	0,18 <sup>c</sup> ± 0,02	0,28 <sup>a</sup> ± 0,03
Pectinex BE XXL (4)	2,21 <sup>g</sup> ± 0,04	0,65 <sup>c</sup> ± 0,04	0,11 <sup>a</sup> ± 0,01	1,45 <sup>h</sup> ± 0,01
Gammapect LC Color (5)	1,53 <sup>c</sup> ± 0,02	0,57 <sup>b</sup> ± 0,02	0,15 <sup>b</sup> ± 0,02	0,81 <sup>e</sup> ± 0,02
Ciepła, Pectinex BE Colour (6) Heat, Pectinex BE Colour (6)	1,77 <sup>d</sup> ± 0,04	1,02 <sup>f</sup> ± 0,04	0,33 <sup>d</sup> ± 0,02	0,42 <sup>b</sup> ± 0,03
Ciepła, Pectinex BE XXL (7) Heat, Pectinex BE XXL (7)	1,44 <sup>b</sup> ± 0,03	0,77 <sup>e</sup> ± 0,03	0,20 <sup>c</sup> ± 0,03	0,47 <sup>c</sup> ± 0,03
Ciepła, Gammapect LC Colour (8) Heat, Gammapect LC Colour (8)	2,09 <sup>f</sup> ± 0,05	0,71 <sup>d</sup> ± 0,02	0,31 <sup>d</sup> ± 0,04	1,07 <sup>f</sup> ± 0,01

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Różne litery (a, b, c...) w tej samej kolumnie oznaczają różnice statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / Different letters (a, b, c...) in the same column denote statistically significant differences ( $p < 0.05$ )

Wykazane w pracy ilościowe zmiany pektyn ogółem związane są z przemianami w poszczególnych ich frakcjach. Prześladowano zmiany ilościowe trzech frakcji pektyn: rozpuszczalnych w wodzie oraz w roztworze szczawianów i protopektyny podczas obróbki miazgi. Niezależnie od zastosowanego sposobu obróbki miazgi – w tym rodzaju preparatu enzymatycznego, w badanych próbkach odnotowano statystycznie istotny ( $p < 0,05$ ) wzrost zawartości pektyn rozpuszczalnych w wodzie w odniesieniu do miazgi kontrolnej, przy czym największy, ok. 2-krotny, miał miejsce podczas maceracji enzymatycznej preparatem Pectinex BE Colour, poprzedzonej obróbką cieplną (tab. 1). Najmniejszy przyrost ilości tych związków stwierdzono podczas samej obróbki enzymatycznej. Analizując uzyskane wyniki należy podkreślić, że wzrostowi zawartości pektyn rozpuszczalnych w wodzie towarzyszyło statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie ilości pektyn rozpuszczalnych w roztworze szczawianów (tab. 1). Największe zmniejszenie ilości tej frakcji pektyn stwierdzono podczas maceracji enzymatycznej; najmniejszą ilość tej frakcji pektyn zawierała miazga po obróbce preparatem Pectinex BE XXL. Frakcja pektyn rozpuszczalnych w wodzie według Montero i wsp. [15] zawiera pektyny wysoko metylowane i kwasy pektynowe, natomiast frakcję rozpuszczalną w roztworze szczawianów stanowią pektyny nisko metylowane i kwasy pektowe. Generalnie, po obróbce miazgi stwierdzono zmniejszenie ilości protopektyny (tab. 1). Istotnie ( $p < 0,05$ ) największy rozkład miał miejsce podczas maceracji miazgi preparatem Pectinex BE Colour. Zawartość protopektyny w tej miazdze kształtowała się na poziomie 0,28 g/100 g, podczas gdy w miazdze kontrolnej wynosiła 1,33 g/100 g.

W pracy przeanalizowano także zmiany błonnika detergentowego kwaśnego, w tym lignin i celulozy podczas obróbki miazgi. Spośród zastosowanych w pracy różnych sposobów obróbki, jedynie w przypadku trzech wariantów: 4. (maceracja enzymatyczna preparatem Pectinex BE XXL), 5. (Gammapect LC Color) oraz 6. (obróbka łączona – maceracja enzymatyczna preparatem Pectinex BE Colour poprzedzona była obróbką cieplną) stwierdzono statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie zawartości błonnika detergentowego kwaśnego w stosunku do jego poziomu w miazdze kontrolnej (tab. 2).

Z wyjątkiem wariantu 5., we wszystkich pozostałych wykazano statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zwiększenie zawartości lignin (tab. 2). W przypadku celulozy, większość zastosowanych sposobów obróbki spowodowała istotny ( $p < 0,05$ ) spadek jej zawartości (tab. 2). Największy stopień rozkładu celulozy miał miejsce podczas obróbki cieplnej (wariant 2.) oraz łączonej – w której obróbka cieplna poprzedzała macerację enzymatyczną preparatem Pectinex BE Colour (wariant 6.).

T a b e l a 2

Zawartość błonnika detergentowego kwaśnego (ADF), w tym ligniny i celulozy w miazgach z owoców porzeczki czarnej.

Content of acid detergent fibre (ADF), including lignin and cellulose, in blackcurrant fruit mash.

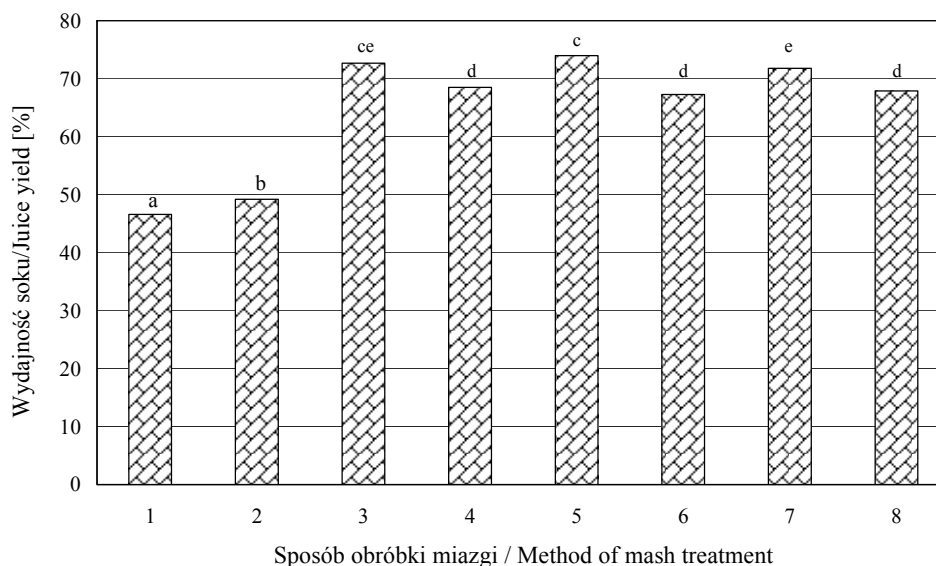
Sposób obróbki miazgi Method of mash treatment	Błonnik detergentowy kwaśny Acid detergent fibre [g /100 g]	Ligniny Lignins [g/100 g]	Celuloza Cellulose [g/100 g]
Próba kontrolna (1) Control sample (1)	4,03 <sup>c</sup> ± 0,13	2,26 <sup>a</sup> ± 0,04	1,77 <sup>de</sup> ± 0,08
Ciepłna (2) Heat (2)	4,21 <sup>e</sup> ± 0,06	3,09 <sup>f</sup> ± 0,07	1,12 <sup>a</sup> ± 0,01
Pectinex BE Colour (3)	4,08 <sup>c</sup> ± 0,03	2,86 <sup>d</sup> ± 0,04	1,22 <sup>b</sup> ± 0,03
Pectinex BE XXL (4)	3,80 <sup>a</sup> ± 0,07	2,61 <sup>c</sup> ± 0,10	1,19 <sup>ab</sup> ± 0,06
Gammapect LC Colour (5)	3,90 <sup>b</sup> ± 0,11	2,19 <sup>a</sup> ± 0,06	1,71 <sup>d</sup> ± 0,07
Ciepłna, Pectinex BE Colour (6) Heat, Pectinex BE Colour (6)	3,95 <sup>b</sup> ± 0,09	2,83 <sup>d</sup> ± 0,05	1,12 <sup>a</sup> ± 0,04
Ciepłna, Pectinex BE XXL (7) Heat, Pectinex BE XXL (7)	4,34 <sup>f</sup> ± 0,05	2,98 <sup>e</sup> ± 0,03	1,36 <sup>c</sup> ± 0,09
Ciepłna, Gammapect LC Colour (8) Heat, Gammapect LC Colour (8)	4,13 <sup>d</sup> ± 0,04	2,34 <sup>b</sup> ± 0,04	1,79 <sup>e</sup> ± 0,06

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

Miazgi z niektórych gatunków owoców jagodowych, jak np. aronia, borówka czernica, truskawka czy żurawina błotna dość łatwo poddają się tłoczeniu i bez żadnej dodatkowej obróbki możliwe jest osiągnięcie dużych wydajności soku [3, 16, 23]. Natomiast porzeczka czarna ze względu na znaczną zawartość pektyn powodujących dużą lepkość miazgi, należy do owoców szczególnie trudno poddających się tłoczeniu [18].

W niniejszej pracy wydajność soku kształtowała się w szerokim zakresie od 46,6 % (próba kontrolna) do 74,0 % (maceracja preparatem Gammapect LC Colour) (rys. 1). Landbo i Meyer [10], w zależności od warunków obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej, uzyskały wydajność soku w granicach 66,4 - 78,9 %, a Buchert i wsp. [4], zależnie od rodzaju zastosowanych preparatów uzyskali wydajność w przedziale 51,6 - 77,4 %. Koponen i wsp. [9] uzyskali natomiast mniejsze wydajności soku w zakresie 51 - 65 %; wydajność w próbie kontrolnej wynosiła 47 %. W przeprowadzonym doświadczeniu efektywność tłoczenia soku z miazgi bez jej obróbki była bardzo mała (46,6 %) (rys. 1). Zastosowanie różnych sposobów obróbki miazgi pozwoliło osiągnąć statystycznie istotny ( $p < 0,05$ ) wzrost wydajności w porównaniu z próbą kontrolną. Największą wydajność osiągnięto stosując macerację preparatem Gammapect LC Color (wariant 5.) i Pectinex BE Colour (wariant 3.), odpowiednio na pozio-

mie 74 i 72,7 %, nieróżniące się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) między sobą. Preparat Gammapect LC Color zawierał w składzie poligalakturonazę, liazę pektynową i pektynoesterazę. Uzyskane wyniki potwierdzają informacje zawarte w literaturze, że do obróbki miazgi owoców zawierających duże ilości pektyn, celem uzyskania zadowalających wydajności, zalecane jest stosowanie maceracji enzymatycznej. W wyniku działania enzymów pektynolitycznych zawartych w preparatach następuje rozkład pektyn, przez co zmniejsza się lepkość układu, a to ułatwia wydzielanie soku [17]. Mniej korzystna okazała się obróbka łączona miazgi (rys. 1), niemniej jednak w wariancie 7. (maceracja preparatem Pectinex BE XXL poprzedzona obróbką cieplną) uzyskano wydajność wynoszącą 71,8 %. Pectinex BE XXL, otrzymywany z mikroorganizmów genetycznie modyfikowanych, zawiera liazę pektynową. Enzym ten powoduje niehydrolityczny rozkład wiązań w pektynach w wyniku  $\beta$ -eliminacji, co prowadzi do utworzenia podwójnego wiązania pomiędzy węglami 5. i 6. [26]. Preparat ten dzięki temu,



Objaśnienia: / Explanatory notes:

1 – próba kontrolna / control sample, 2 – obróbka cieplna / heat treatment, 3 – Pectinex BE Colour, 4 – Pectinex BE XXL, 5 – Gammapect LC Colour, 6 – obróbka cieplna, Pectinex BE Colour / heat treatment, Pectinex BE Colour, 7 – obróbka cieplna, Pectinex BE XXL / heat treatment, Pectinex BE XXL, 8 – obróbka cieplna, Gammapect LC Colour / heat treatment, Gammapect LC Colour.

Różne litery (a, b, c...) oznaczają statystycznie istotne różnice,  $p < 0,05$  / Different letters (a, b, c...) denote significant differences at  $p < 0.05$

Rys. 1. Wpływ sposobu obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej na wydajność soku.

Fig. 1. Effect of treatment method of blackcurrant mash on juice yield.

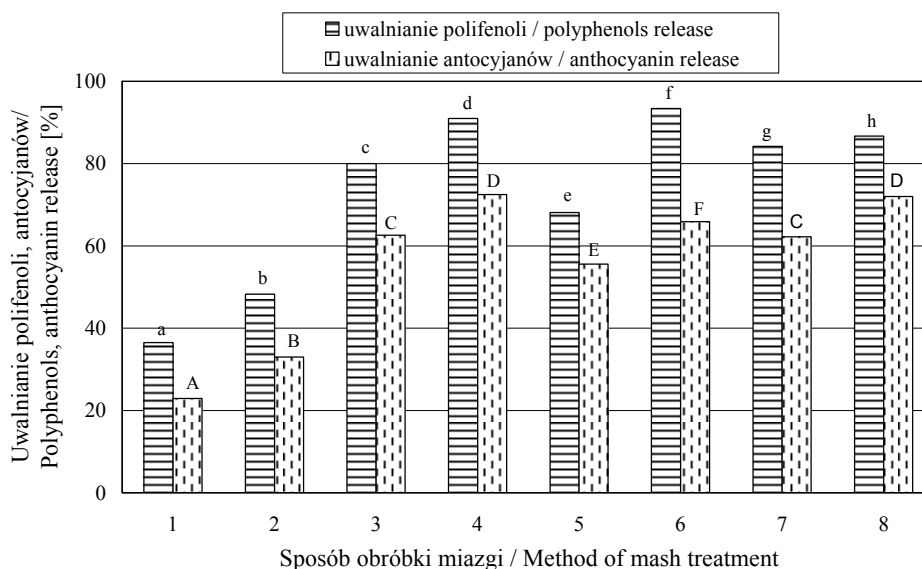
że nie zawiera esterazy pektynowej i poligalakturonazy zmniejsza lepkość soków w wyniku skrócenia łańcucha pektyn, nie powodując ich deestryfikacji, co zarazem zapobiega wypadaniu z soku cząstek stałych [5]. Spośród zastosowanych w pracy sposobów obróbki miazgi najmniej efektywna okazała się obróbka cieplna (rys. 1). W tym wariancie wydajność soku wynosiła 49,2 %.

Uzyskane w pracy wyniki potwierdzają, że wydajność soku uwarunkowana jest przemianami pektyn i błonnika ścian komórkowych podczas obróbki miazgi przed tłoczeniem soku. Należy podkreślić, że wraz ze zmniejszeniem zawartości pektyn ogółem w miazdze, w tym protopektyny, oraz rozkładem celulozy nastąpił wzrost wydajności soku. Przykładowo, w wyniku zastosowania do maceracji miazgi porzeczki czarnej preparatu Pectinex BE Colour (zawierającego poligalakturonazę) uzyskano jedną z największych (72,7 %) wydajności soku. W miazdze tej stwierdzono największy rozkład i zmniejszenie zawartości pektyn ogółem, w tym protopektyny oraz duży ubytek celulozy. Jak podaje Wilska-Jeszka [26], poligalakturonazy są głównym enzymem preparatów pektynolitycznych, stosowanych w celu zwiększenia wydajności soku.

Obecnie, coraz większą uwagę zwraca się nie tylko na wydajność soku, ale także na zawartość związków bioaktywnych, wykazujących właściwości przeciwutleniające. Stwierdzono zdecydowanie większe różnice ekstraktywności związków fenolowych ogółem, w tym antocyjanów, niż przy wydajności soku. Z przeprowadzonych badań wynika, że wydajność soku wytłoczonego z miazgi nie była równoznaczna z wydajnością polifenoli, w tym antocyjanów. Według Skrede i wsp. [21], przy wydajności soku z owoców borówki wysokiej na poziomie 83 %, wydajność antocyjanów była równa tylko 32 %. Wydajność flawonoli, procyanidyn i kwasu chlorogenowego wynosiła odpowiednio 35, 43 i 53 %. Znaczne ilości antocyjanów i innych związków pozostają w wytlókach. Według Dietrich i wsp. [6] wydajność związków fenolowych z miazgi owoców porzeczki czarnej wynosiła 64 %. Z kolei Lee i wsp. [12], w zależności od sposobu traktowania owoców przed rozdrabnianiem, odzyskali tylko 13 - 23 % antocyjanów i od 36 do 39 % związków fenolowych ogółem. W warunkach doświadczenia, najmniejszy uzysk polifenoli (36,5 %), a także antocyjanów (22,9 %), miał miejsce w próbie kontrolnej (rys. 2). Największą natomiast efektywność uwalniania polifenoli, w tym antocyjanów, wykazano w wariantach, w których po obróbce cieplnej miazgę poddano maceracji enzymatycznej. Najwięcej polifenoli (93,4 %) zostało uwolnionych podczas maceracji preparatem Pectinex BE Colour poprzedzonej obróbką cieplną. Spośród zastosowanych preparatów do maceracji miazgi najefektywniejszy w uwalnianiu polifenoli okazał się Pectinex BE XXL (rys. 2). Zastosowanie tego preparatu pozwoliło jednocześnie na uzyskanie największej wydajności antocyjanów wynoszącej 72,5 %. Różnice wydajności polifenoli, w tym antocyjanów, spowodowane zastosowaniem do maceracji różnych preparatów enzymatycznych, wynikają także z ich niespecyficznych aktywności pobocznych i związanego z tym różnego stopnia rozkładu poli-



sacharydów ścian komórkowych [2, 14]. Landbo i Meyer [11] stwierdziły, że wydajność polifenoli jest dodatnio, liniowo skorelowana ze stopniem hydrolizy polisacharydów, katalizowanej przez enzymy zawarte w preparatach enzymatycznych. Spośród zastosowanych w pracy różnych sposobów obróbki miazgi – podobnie, jak przy wydajności soku, najmniej efektywna w uwalnianiu polifenoli, w tym antocyjanów, okazała się obróbka cieplna (rys. 2). W tym wariancie ekstraktywność polifenoli, w tym antocyjanów, wynosiła odpowiednio 48,3 i 33 %.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli, jak pod rys. 1. / Explanation of symbols as in Fig. 1.

Różne małe litery (a, b, c...) lub różne duże litery (A, B, C...) wskazują statystycznie istotne różnice,  $p < 0,05$  / Different small letters (a, b, c...) or different large letters (A, B, C...) indicate significant differences at  $p < 0.05$

Rys. 2. Wpływ sposobu obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej na uwalnianie polifenoli i antocyjanów z miazg do soków.

Fig. 2. Effect of method of blackcurrant mash treatment on release of polyphenols and anthocyanins into juice.

Efektywność uwalniania polifenoli, w tym antocyjanów do soku – podobnie jak wydajność soku, w znaczącym stopniu uwarunkowana jest przemianami związków pektynowych i błonnika w wyniku działania na miazgę owoców ciepła i/lub enzymów. Analizując uzyskane wyniki należy zauważyć, że zmniejszenie ilości pektyn ogółem, w tym protopektyny, oraz rozkład celulozy przyczyniły się do bardziej efektywnego

uwalniania polifenoli oraz antocyjanów. Największemu ubytkowi celulozy oraz dużemu rozkładowi protopektyny towarzyszyła największa ekstraktywność polifenoli wynosząca 93,4 %.

### **Wnioski**

1. Wykazano zróżnicowane oddziaływanie zastosowanych sposobów obróbki miazgi na składniki strukturotwórcze owoców, tj. pektyny i błonnika, czego konsekwencją były różnice w wydajności soku i uwalnianiu związków fenolowych, w tym antocyjanów.
2. Stwierdzono, że zmniejszeniu zawartości pektyn ogółem, w tym protopektyny oraz zmniejszeniu zawartości celulozy w miazgach towarzyszył statystycznie istotny ( $p < 0,05$ ) wzrost wydajności soku oraz bardziej efektywne uwalnianie związków fenolowych, w tym antocyjanów.
3. Uzyskane wyniki wskazują, że wybór odpowiedniego sposobu obróbki miazgi przed tłoczeniem umożliwia uzyskanie zadowalającej wydajności soku i wysokiej zawartości związków fenolowych.

### **Literatura**

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis. (15<sup>th</sup> edition), Washington, DC, 1990.
- [2] Bagger-Jørgensen R., Meyer A.S.: Effects of different enzymatic pre-press maceration treatments on the release of phenols into blackcurrant juice. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, **219**, 620-629.
- [3] Borowska E.J., Szajdek A., Czaplicki S.: Effect of heat and enzyme treatment on yield, phenolic content and antioxidant capacity of juices from chokeberry mash. *Ital. J. Food Sci.*, 2009, **21**, 197-209.
- [4] Buchert J., Koponen J.M., Suutarinen M., Mustranta A., Lille M., Törrönen R., Poutanen K.: Effect of enzyme-aided pressing on anthocyanin yield and profiles in bilberry and blackcurrant juices. *J. Sci. Food Agric.*, 2005, **85**, 2548-2556.
- [5] Czapski J.: Owoce i warzywa – szansa czy zagrożenie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **4 (29)** Supl., 29-39.
- [6] Dietrich H., Rechner A., Patz C.D.: Bioactive compounds in fruit and juice. *Fruit Process.*, 2004, **1**, 50-55.
- [7] Helbig J.: Production of colour-intensive and colour-stable coloured juices. *Fruit Process.*, 2001, **9**, 342-347.
- [8] Hilz H., Bakx E.J., Schols H.A., Voragen A.G.J.: Cell wall polysaccharides in black currants and bilberries – characterisations in berries, juice and press cake. *Carbohydrate Polym.*, 2005, **59**, 477-488.
- [9] Koponen J.M., Buchert J., Poutanen K.S., Törrönen A.R.: Effect of pectinolytic juice production on the extractability and fate of bilberry and black currant anthocyanins. *Eur Food Res Technol.*, 2008, **227**, 485-494.

- [10] Landbo A.-K., Meyer A.S.: Effects of different enzymatic maceration treatments on enhancement of anthocyanins and other phenolics in black currant juice. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2004, **5**, 503-513.
- [11] Landbo A.-K., Meyer A.S.: Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenols from black currant juice press residues (*Ribes nigrum*). *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 3169-3177.
- [12] Lee J., Durst R.W., Wrolstad R.E.: Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: comparison of two pretreatments. *J. Food Sci.*, 2002, **67**, 1660-1667.
- [13] Lee J., Wrolstad R.E.: Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry-processing waste. *J. Food Sci.*, 2004, **69**, 564-572.
- [14] Meyer A.S.: Enhanced extraction of antioxidant phenols from wine and juice press residues via enzymatic polysaccharide hydrolysis. *Fruit Process.*, 2002, **1**, 29-33.
- [15] Montero T.M., Mollá E.M., Esteban R.M., López-Andréu F.J.: Quality attributes of strawberry during ripening. *Sci. Horticult.*, 1996, **65**, 239-250.
- [16] Oszmiański J., Sożyński J.: Wpływ warunków otrzymywania oraz przechowywania soku z aronii na związki fenolowe i barwę. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 1989, **TŻ 5 (184)**, 89-100.
- [17] Oszmiański J.: *Technologia i analiza produktów z owoców i warzyw*. Wyd. AR, Wrocław 2002.
- [18] Płocharski W., Markowski J.: Ocena uzysku soku i jego parametrów jakościowych przy obróbce miazgi owoców czarnej porzeczki preparatami enzymatycznymi nowej generacji firmy Novozymes Switzerland AG. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2003, **6**, 24-26.
- [19] Shahidi F., Naczk M.: Methods of analysis and quantification of phenolic compounds. In: *Food Phenolic: Sources, Chemistry, Effects and Applications*. F. Shahidi, M. Naczk Eds. Technomic Publishing Company, Lancaster/Pennsylvania 1995, pp. 287-293.
- [20] Shahidi F., Naczk M.: Phenolic compounds in fruits and vegetables. In: *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. F. Shahidi, M. Naczk Eds. CRC Press, 2004, pp. 131-156.
- [21] Skrede G., Wrolstad R.E., Durst W.: Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *J. Food Sci.*, 2000, **65**, 357-364.
- [22] Szajdek A., Borowska E.J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **4 (41) Supl.**, 5-28.
- [23] Szajdek A.: *Badania nad zmianami wybranych związków bioaktywnych i właściwości przeciwutleniających w procesie technologicznym otrzymywania soków z owoców jagodowych*. Praca doktorska, UWM, Olsztyn 2006.
- [24] Urlaub R.: Enzymes from genetically modified microorganisms and their use in the beverage industry. *Fruit Process.*, 1999, **5**, 158-163.
- [25] Wilska-Jeszka J.: *Barwniki*. W: *Chemia żywności – pod red. Z.E. Sikorskiego*. WNT, Warszawa 2002, ss. 401-426.
- [26] Wilska-Jeszka J.: *Polisacharydy*. W: *Chemia żywności - pod red. Z. E. Sikorskiego*. WN, Warszawa 1994, ss. 132-166.
- [27] Wrolstad R.E.: *Color and pigment analyses in fruit products*. Agricultural Experiment Station, Oregon State University, Station Bulletin 1993, 624.
- [28] Yu L., Reitmeier C.A., Love M.H.: Strawberry texture and pectin content as affected by electron beam irradiation. *J. Food Sci.*, 1996, **61**, 844-846.


## CHANGES IN STRUCTURE-FORMING COMPONENTS OF BLACKCURRANT FRUITS DURING MASH MACERATION AND RELEASE OF POLYPHENOLS INTO JUICE

### S u m m a r y

The objective of this study was to analyze the changes in pectins and fibre during blackcurrant mash treatments using diverse methods prior to the process of pressing, as well as to determine the effect of those changes on the juice yield and the release of polyphenols including anthocyanins. Before pressing the juice, the fruit mash was treated using different methods: heat, enzymatic, or combined treatment; and the enzymatic maceration was preceded by a heat treatment.

The following preparations were used to macerate mash: Pectinex BE Colour, Pectinex BE XXL, and Gammapect LC Colour; they differed in their enzymatic composition and activity. The results obtained were statistically analyzed. The significance of differences between mean values was assessed by a Duncan's test.

It was found that the changes in pectins and fibre depended on the method of mash treatment including the type of enzymatic preparation applied. Compared to the control fruit mash, the decrease in the content of total pectins ranged from 12 to 50 %. Based on the analysis of the composition of pectin fractions, it was proved that the content of water-soluble pectins increased and, concurrently, the content of oxalate-soluble pectins decreased. In addition, the content of cellulose decreased. The decrease in the content of total pectins, including protopectins, and in the content of cellulose occurred along with the increase in the juice yield and with a more effective release of phenolic compounds including anthocyanins.

**Key words:** pectins, fibre, blackcurrant, mash treatment, juice yield, polyphenols 

IWONA ŚCIBISZ, ANDRZEJ GASIK, MARTA MITEK,  
ANDRZEJ CENDROWSKI

## WPLYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA BARWĘ DŻEMÓW Z OWOCÓW KOLOROWYCH

### Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu długoterminowego przechowywania na barwę oraz zawartość antocyjanów w dżemach z owoców jagodowych. Dżemy wyprodukowane z owoców borówki wysokiej oraz czarnej porzeczki przechowywano bez dostępu światła w temperaturze 6 i 22 °C przez 8 miesięcy.

Degradacja antocyjanów przebiegała zgodnie z kinetyką reakcji pierwszego rzędu, a czas połowicznego rozpadu tych związków był dłuższy w dżemach borówkowych w porównaniu z produktami otrzymanymi z owoców porzeczek. Temperatura przechowywania była czynnikiem istotnie wpływającym na straty antocyjanów. Dżemy przechowywane przez 8 miesięcy w temperaturze 6 °C zawierały od 4- do 7-krotnie więcej barwników w porównaniu z produktami przechowywanymi w 22 °C. Podczas przechowywania dżemów następował wzrost udziału barwy polimerycznej, co związane mogło być z reakcją polimerizacji między antocyjanami a innymi związkami polifenolowymi. Obserwowano istotną korelację pomiędzy parametrami barwy i zawartością antocyjanów w dżemach otrzymanych z owoców borówki. Na barwę dżemów porzeczkowych nie miała wpływu zawartość monomerów antocyjanowych, co sugeruje że inne związki (produkty reakcji Maillarda, antocyjany spolimeryzowane) mogły kształtować barwę produktów porzeczkowych.

**Słowa kluczowe:** barwa, antocyjany, dżem, borówka wysoka, porzeczka czarna, przechowywanie

### Wprowadzenie

Jednym z podstawowych kryteriów jakości produktów słodzonych, takich jak dżemy, otrzymanych z owoców jagodowych jest barwa. Długi okres przechowywania w temperaturze pokojowej powoduje znaczne zmiany barwy dżemów, co negatywnie wpływa na ocenę tych produktów przez konsumentów [27]. Barwa dżemów z owoców jagodowych uzależniona jest od zawartości barwników antocyjanowych, a także od obecności związków o zabarwieniu purpurowym i brązowym, powstających podczas

---

*Dr inż. I. Ścibisz, dr inż. A. Gasik, dr hab. M. Mitek, prof. SGGW, inż. A. Cendrowski, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa*

degradacji, polimeryzacji, kondensacji antocyjanów oraz podczas reakcji nieenzymatycznego brunatnienia [11, 14, 17, 23]. Szczególnie istotny wpływ na stabilność związków antocyjanowych w produktach spożywczych ma temperatura przechowywania. Wzrost temperatury przyspiesza znacznie tempo destrukcji antocyjanów [6, 11]. Ze względu na istotną rolę, jaką barwa odgrywa w konsumenckiej ocenie produktów spożywczych ważne wydaje się określenie czynników wpływających na jej zachowanie podczas przechowywania dżemów z owoców jagodowych.

Celem pracy było określenie wpływu temperatury oraz czasu przechowywania na barwę dżemów otrzymanych z owoców jagodowych. Ponadto określono zmiany zawartości antocyjanów podczas długoterminowego składowania dżemów.

### **Materiał i metody badań**

Owoce borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) odmiany Sierra oraz owoce porzeczki czarnej (*Ribes nigrum*) odmiany Ben Lomond pochodziły z gospodarstwa sadowniczego oddalonego 15 km od Warszawy. Owoce zebrano w stadium dojrzałości konsumpcyjnej. Z owoców porzeczek usunięto szypułki, następnie surowiec umyto, osuszono i zamrożono w temp.  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zamrożone owoce przechowywano w temp.  $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$  do czasu produkcji dżemów, tj. nie dłużej niż 4 tygodnie.

Część technologiczna pracy obejmowała produkcję dżemów niskosłodzonych o założonym ekstrakcie 38 %, kwasowości 1,2 % oraz wsadzie owoców 45 %. Do produkcji użyto: preparatu pektyny nisko metylowanej (LNCJ1), sacharozy oraz kwasu cytrynowego. Dżemy gotowano w kotle otwartym. Owoce wraz z cukrem i wodą ogrzewano przez 35 min w celu wysycenia ich cukrem. Następnie dodawano wcześniej przygotowanego preparatu pektyny nisko metylowanej i ponownie ogrzewano masę dżemową przez 10 min w temp.  $98 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pod koniec gotowania korygowano ekstrakt dżemu oraz dodawano kwas cytrynowy. Otrzymany dżem rozlewano na gorąco do słoików szklanych o poj.  $80\text{ cm}^3$ , które zamykano i pasteryzowano w temp.  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 10 min. Otrzymane produkty chłodzono do temp. pokojowej i przechowywano w dwóch wariantach temperatury ( $6 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $22 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), bez dostępu światła przez 8 miesięcy.

W dżemach bezpośrednio po produkcji oraz po 2, 4, 6, 8 miesiącach przechowywania oznaczano: parametry barwy, zawartość antocyjanów ogółem oraz określano udział barwy polimerycznej (polymeric colour). Ponadto określano zmiany zawartości monomerów antocyjanów w trakcie składowania dżemów.

Pomiar barwy prowadzono w systemie CIE  $L^*a^*b^*$  za pomocą kolorymetru Konica Minolta CM-3600d. Warunki oznaczenia: światło odbite, kuwety z tworzywa sztucznego o grubości 2 cm, obserwator  $10^{\circ}$ , iluminat D65. Antocyjany ogółem oznaczano spektrofotometryczną metodą Giusti i Wrolstad [13], a wyniki oznaczeń podano w przeliczeniu na cjanidyno-3-glukozyd. Metodę z dwusiarczynem potasu wykorzy-

stywano do określenia procentowego udziału barwy polimerycznej, określającej jaki udział w barwie mają antocyjany spolimeryzowane [5]. Badanie udziału barwy polimerycznej prowadzono na ekstraktach antocyjanowych otrzymanych z dżemów. Pomiar udziału barwy polimerycznej polega na reakcji monomerów antocyjanowych z  $\text{SO}_2$ . Reakcja prowadzi do powstania bezbarwnego związku poprzez przyłączenie jonu  $\text{HSO}_3^-$  do węgla w pozycji C4 w cząsteczce antocyjanu. Antocyjany spolimeryzowane nie biorą udziału w tej reakcji, gdyż w pozycji C4 mają przyłączony kowalencyjnie inny związek fenolowy [5, 27]. Zasada metody polega na spektrofotometrycznym porównaniu absorbancji próbek z dodatkiem dwusiarczynu potasu i bez tego dodatku.

Identyfikację monomerów antocyjanów w produktach z borówki wysokiej prowadzono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej połączonej z spektrometrem masowym z jonizacją elektrorozpraszającą (HPLC/ESI-MS). Identyfikację prowadzono przez porównanie uzyskanych widm masowych oraz czasu retencji z widmami i czasem retencji antocyjanów wzorcowych oraz z danymi literaturowymi [9, 15]. Rozdział prowadzono w kolumnie Luna RP – 18 ( $5\mu\text{m}$ ) przy prędkości przepływu  $1\text{ cm}^3/\text{min}$ . Jako eluentu używano 100 % acetonitrylu oraz 10 % roztworu kwasu mrówkowego [22]. Oznaczanie zawartości antocyjanów w dżemach z porzeczki czarnej prowadzono w wysokosprawnym chromatografie cieczowym z detektorem spektrofotometrycznym. Analizę wykonywano metodą izokratyczną, a fazę rozwijającą stanowił roztwór woda : acetonitryl : kwas mrówkowy (82,5 : 7,5 : 10). Rejestracje antocyjanów prowadzono przy długości fali 520 nm.

W produktach bezpośrednio po produkcji oraz po 8 miesiącach przechowywania oznaczano podstawowy skład chemiczny. Określano zawartość ekstraktu za pomocą refraktometru Abbego, kwasowość ogólną metodą potencjometryczną, kwasowość czynną (pH), pojemność przeciwutleniającą metodą z kationodnikami ABTS<sup>•+</sup> [21], zawartość polifenoli ogółem metodą z odczynnikiem Folin-Ciocalteu'a [18], zawartość kwasu L-askorbinowego metodą spektrofotometryczną [19], stężenie glukozy, sacharozy, fruktozy, furfuralu oraz hydroksymetylofurfuralu metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej. Przy określaniu zawartości cukrów użyto kolumny Rezex RCU-USP ( $250\times 4\text{ mm}$ ) oraz detektor refraktometryczny [1]. Analizę chromatograficzną prowadzono w temp.  $80\text{ }^\circ\text{C}$ . Do analizy furfuralu oraz hydroksymetylofurfuralu użyto kolumny Luna RP – 18 ( $5\mu\text{m}$ ). Fazę rozwijającą stanowiły roztwór metanol : woda zakwaszona HCL (90 : 10, v/v) oraz metanol [25]. Analizę wykonywano metodą gradientową, a rejestracje prowadzono przy długości fali 285 nm. Przy oznaczeniu cukrów stosowano ekstrakcję wodną, natomiast hydroksymetylofurfural oraz furfural ekstrahowano wodą zakwaszoną 0,1 % HCL [2, 26].

Analizy przeprowadzono w trzech równoległych powtórzeniach. Wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, uwzględniając wpływ czasu i temperatury przechowywania. Istotność różnic weryfikowano za pomocą testu T-Tukey'a. W celu okre-

ślenia różnic w badanych dżemach wykorzystano analizę głównych składowych (PCA) na danych, które poddano normalizacji.

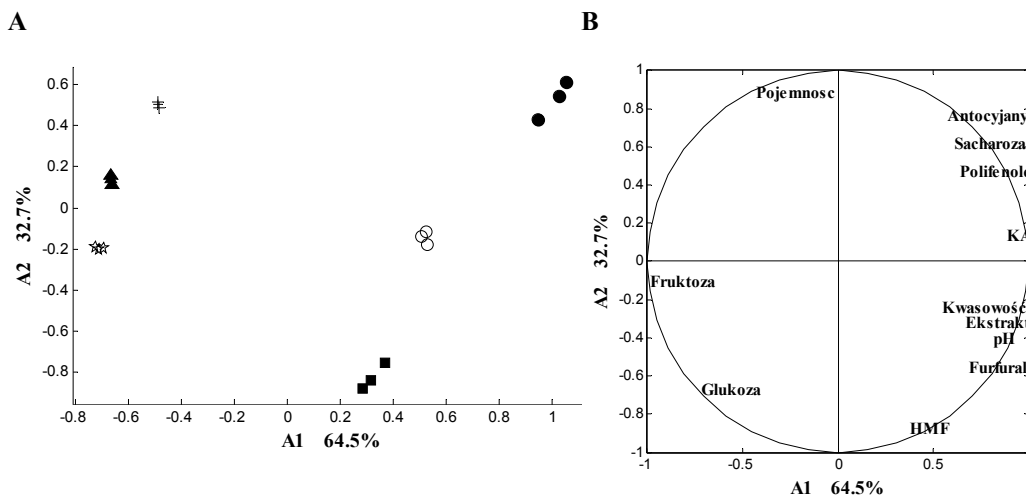
### Wyniki i dyskusja

W celu przedstawienia zmian w składzie fizykochemicznym dżemów podczas przechowywania przez 8 miesięcy w temp. 6 i 22 °C zastosowano analizę głównych składowych (rys. 1A i 1B). Technika PCA umożliwiła wyodrębnienie dwóch składowych głównych wyjaśniających 97,2 % zmienności zawartej w danych, przy czym pierwsza składowa (A1) odpowiedzialna była za ponad 2/3 całkowitej wariancji. Pierwsza składowa była dodatnio skorelowana z parametrami fizykochemicznymi, takimi jak pH i kwasowość, a także z zawartością antocyjanów, sacharozy, polifenoli, kwasu askorbinowego i furfuralu (rys. 1B). Pierwsza składowa spowodowała oddzielenie dżemów bezpośrednio po produkcji od dżemów po 8 miesiącach przechowywania, które charakteryzowały się znacznie mniejszą zawartością kwasu askorbinowego, antocyjanów, polifenoli oraz furfuralu (rys. 1A). Dzięki tej składowej uwidocznił się również kontrast pomiędzy dżemami otrzymanymi z różnych owoców. Produkty z czarnej porzeczki charakteryzowały się większą zawartością składników przeciwutleniających, a także wyższą kwasowością. Pierwsza składowa była również ujemnie skorelowana z zawartością fruktozy (rys. 1B). W trakcie przechowywania obserwowano wzrost jej stężenia, co prawdopodobnie związane było z zachodzącą hydrolizą sacharozy podczas procesu przechowywania [2, 26].

Druga główna składowa wskazuje na kontrast pomiędzy pojemnością przeciwutleniającą i zawartością antocyjanów a zawartością hydroksymetylofurfuralu (HMF) w dżemach (rys. 1B). Dzięki tej składowej wyraźnie rozróżnia się dżemy przechowywane w temp. 6 °C od produktów przechowywanych w temp. 22 °C, charakteryzujących się większą zawartością HMF i niższą pojemnością przeciwutleniającą i zawartością barwników (rys. 1A). Według Rada-Mendoza i wsp. [20] temperatura przechowywania istotnie wpływa na tempo powstawania HMF w przechowywanych dżemach.

Przechowywanie dżemów w dwóch wariantach temperatury w istotny sposób wpłynęło na zawartość barwników antocyjanowych (rys. 2A). Po upływie 8 miesięcy zawartość antocyjanów w dżemach przechowywanych w temperaturze 22 °C była prawie 4-krotnie (dżemy borówkowe) oraz 7-krotnie (dżemy porzeczkowe) mniejsza niż w dżemach składowanych w warunkach chłodniczych. Podobnie, jak w niniejszych badaniach, w wielu pracach udowodniono, że temperatura przechowywania jest głównym czynnikiem decydującym o stabilności antocyjanów w produktach składowanych [6, 10, 11].





Objaśnienia: / Explanatory notes:

- dżem porzeczkowy bezpośrednio po produkcji / blackcurrant jam directly after production, ○ dżem porzeczkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 6 °C / blackcurrant jam stored at 6 °C during 8 months, ■ dżem porzeczkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 22 °C / blackcurrant jam stored at 22 °C during 8 months, + dżem borówkowy bezpośrednio po produkcji / blueberry jam directly after production, ▲ dżem borówkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 6 °C / blueberry jam stored at 6 °C during 8 months, \* dżem borówkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 22 °C / blueberry jam stored at 22 °C during 8 months, Pojemność – pojemność przeciwutleniająca dżemów / antioxidant capacity of jams, KA – zawartość kwasu askorbinowego w dżemach / content of ascorbic acid in jams, HMF – zawartość hydroksymetylofurfuralu w dżemach / content of hydroxymethylfurfural in jams.

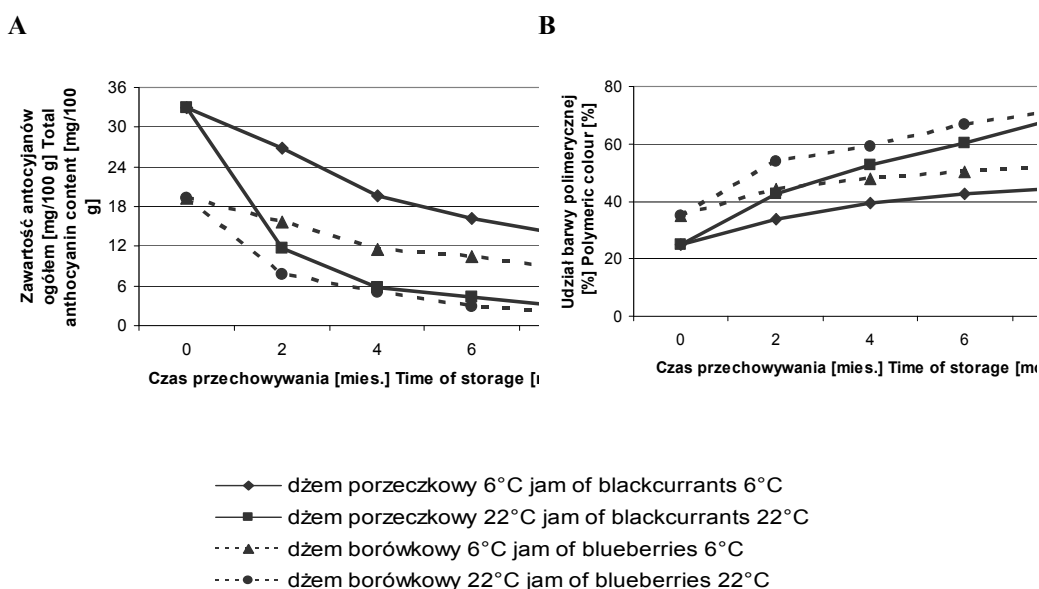
Rys. 1. Wyniki analizy głównych składowych (A. Rozmieszczenie analizowanych dżemów, B. Korelacja zmiennych oryginalnych względem głównych składowych).

Fig. 1. Analysis results of principal components (A. Score layout of jams analyzed ; B. Correlation of original variables relative to main components).

Wykazano także istotny wpływ czasu przechowywania na zawartość antocyjanów (rys. 2A, tab. 1). Porównując zmniejszenie zawartości antocyjanów w badanych przedziałach czasowych stwierdzono, że najwyższy stopień degradacji zachodzi w ciągu dwóch pierwszych miesięcy przechowywania dżemów. Dotyczyło to zwłaszcza produktów przechowywanych w temp. 22 °C. Uwzględniając całkowite straty antocyjanów podczas 8-miesięcznego przechowywania w temp. 22 °C stwierdzono, że 2/3 tych strat ma miejsce podczas dwóch pierwszych miesięcy, natomiast jedynie 1/3 podczas kolejnych sześciu miesięcy przechowywania.

Czas oraz temperatura przechowywania istotnie wpłynęły także na udział barwy polimerycznej dżemów (rys. 2B, tab. 1). Barwa produktów przechowywanych przez długi okres w temp. 22 °C zależała nie tylko od zawartości antocyjanów monomerycznych, ale również w dużej mierze od zawartości antocyjanów spolimeryzowanych.

Przykładowo, udział barwy polimerycznej w dżemach porzeczkowych bezpośrednio po produkcji wynosił 24,9 %, natomiast w produktach składowanych przez 8 miesięcy w temp. 22 °C wynosił 69,1 % (rys 2B). Badania puree z owoców borówek [5] oraz pulpy malinowej [16] również wykazały wzrost udziału barwy polimerycznej podczas przechowywania tych produktów.



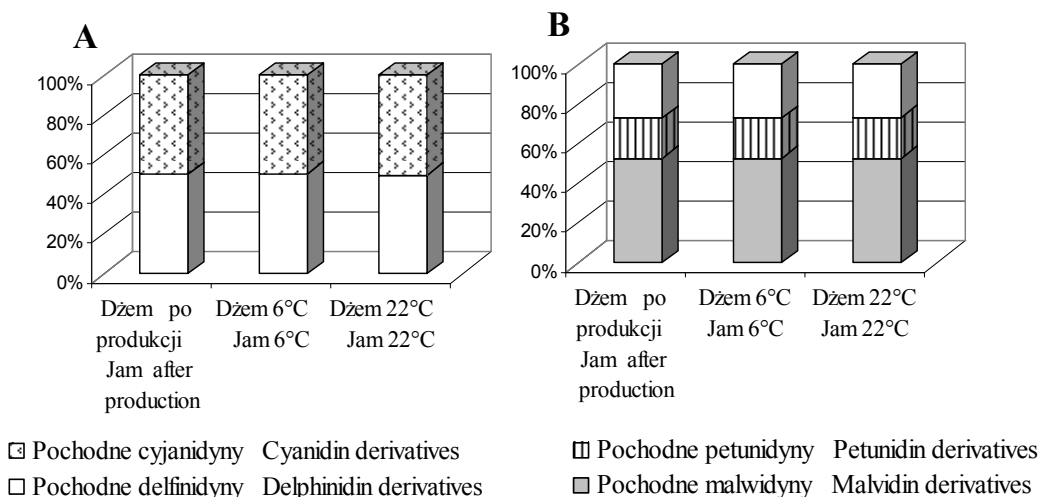
Rys. 2. Wpływ temperatury oraz czasu przechowywania na zawartość antocyjanów ogółem (A) oraz udział barwy polimerycznej (B).

Fig. 2. Effect of temperature and time of storage on content of total anthocyanins (A) and on polymeric colour (B).

Podczas przechowywania dżemów nie stwierdzono zróżnicowanego stopnia degradacji poszczególnych antocyjanów (rys. 3). W dżemach bezpośrednio po produkcji udział poszczególnych barwników w całkowitej ilości oznaczanych antocyjanów był prawie taki sam, jak w dżemach po 8 miesiącach przechowywania. Występujący w pracy brak zróżnicowania tempa degradacji pomiędzy poszczególnymi związkami antocyjanowymi w czasie przechowywania dżemów jest zgodny z doniesieniami literaturowymi [11].

Proces rozpadu antocyjanów w dżemach przechowywanych przez 8 miesięcy przebiega zgodnie z kinetyką reakcji pierwszego rzędu. Połowiczny czas rozpadu antocyjanów w dżemach borówkowych wynosił 202,9 dni, gdy przechowywano je w temp.

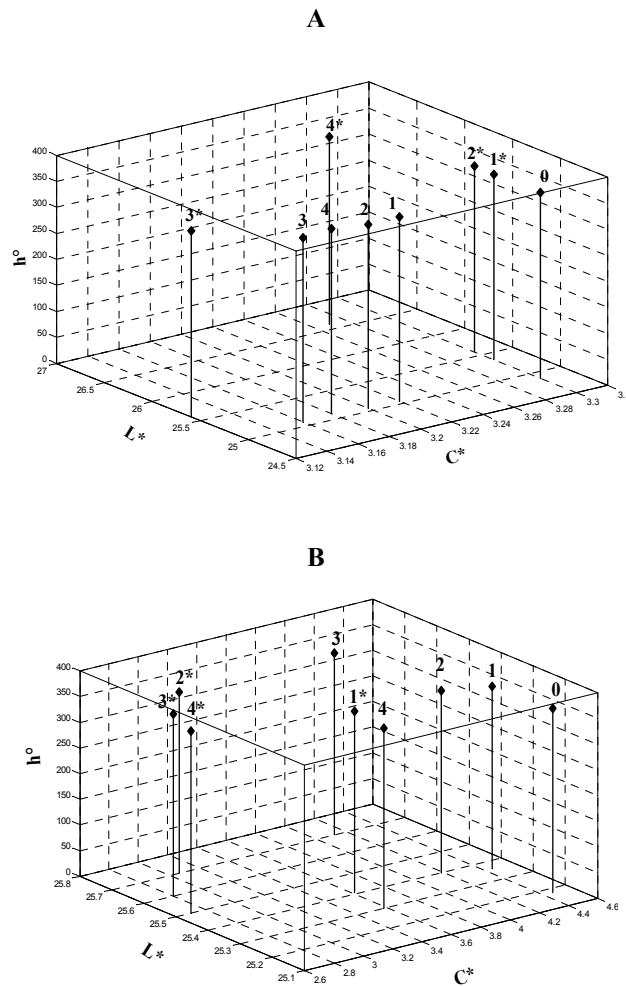
6 °C oraz 73,4 dni, gdy przechowywano je w temp. 22 °C. Antocyjany zawarte w dżemie otrzymanym z owoców porzeczki czarnej wykazały mniejszą stabilność podczas przechowywania. Czas połowicznego rozpadu antocyjanów w dżemach porzeczkowych wynosił 189,2 dni i 67,4 dni, gdy produkty przechowywane były odpowiednio w temp. 6 i 22 °C.



Rys. 3. Udział [-] poszczególnych pochodnych antocyjanów w ogólnej zawartości barwników w dżemie z czarnych porzeczek bezpośrednio po produkcji i po 8 miesiącach przechowywania w temp. 6 i 22 °C (A) oraz w dżemie borówkowym bezpośrednio po produkcji i po 8 miesiącach przechowywania w temp. 6 i 22 °C (B).

Fig. 3. Amounts of individual derivatives of anthocyanins (B) in the total content of pigments in blackcurrant jams directly after production and after 8 month storage at 6 and 22 °C (A) and in blueberry jams directly after production and after 8 month storage at 6 and 22 °C (B).

Niższa stabilność barwników antocyjanowych w dżemach porzeczkowych może wynikać z ich budowy chemicznej, a także obecności innych składników wpływających negatywnie na antocyjany, takich jak kwas askorbinowy i furfural. Dżemy z porzeczek zawierały głównie pochodne cyjanidyny oraz delfinidyny, które są bardziej wrażliwe na czynniki destrukcyjne w porównaniu z pochodnymi malwidyny i petunidyny, których znaczne ilości zawierały dżemy z owoców borówek [3]. Ponadto dżemy porzeczkowe charakteryzowały się większą zawartością kwasu askorbinowego. Brenes i wsp. [4] uzyskali niższą stabilność antocyjanów w wyciągu z czerwonych winogron podczas jego przechowywania z dodatkiem kwasu askorbinowego. Podobnie w badaniach syropów truskawkowych i z czarnej porzeczki [24] wykazano destabilizujący wpływ kwasu askorbinowego na antocyjany. Jedną z przyczyn obniżenia stabilności antocyjanów może być działanie produktu jego rozpadu w warunkach beztlenowych [7, 8].



Objaśnienia: / Explanatory notes:

0 - dzemy bezpośrednio po produkcji / jams directly after production; 1, 2, 3, 4 – dzemy przechowywane przez odpowiednio 2, 4, 6, 8 miesięcy w temp 6 °C, 1, 2, 3, 4 / jams stored at 6 °C during 2, 4, 6, 8 months, respectively, 1\*, 2\*, 3\*, 4\* – dzemy przechowywane przez odpowiednio 2, 4, 6, 8 miesięcy w temp 22 °C / jams stored at 22 °C during 2, 4, 6, 8 months, respectively.

Rys. 4. Wpływ temperatury oraz czasu przechowywania na barwę (parametry  $L^*C^*h^\circ$ ) dzemów z czarnej porzeczki (A) oraz dzemów borówkowych (B).

Fig. 4. Effect of temperature and time of storage on colour (parameters  $L^*C^*h^\circ$ ) of blackcurrant jams (A) and blueberry jams (B).

W trakcie przechowywania dzemów porzeczkowych przez 8 miesięcy w temp. 6 i 22 °C następowała zmiana barwy produktów (rys. 4A). Na jasność oraz nasycenie

barwy próbek nie wpływał istotnie ani czas, ani temperatura przechowywania (tab. 1). Jedynie parametr  $h^{\circ}$  zmieniał się podczas przechowywania dżemów. Podczas dwóch pierwszych miesięcy nastąpił spadek wartości  $h^{\circ}$ , a podczas kolejnych 6 miesięcy przechowywania wzrost wartości tego parametru od wartości wyjściowej. Dżemy przechowywane w temp. 22 °C charakteryzowały się wyższą wartością parametru  $h^{\circ}$  w porównaniu z próbkami przechowywanymi w temp. 6 °C. Badania prowadzone przez Garzon i Wrolstad [12] również wykazały wzrost wartości parametru  $h^{\circ}$  podczas przechowywania soków oraz koncentratów truskawkowych, świadczący o zmianie barwy z czerwonej w kierunku barwy pomarańczowej.

Podczas przechowywania dżemów borówkowych w początkowym okresie następowało pojaśnienie produktów (wzrost wartości parametru  $L^*$ ) (rys. 4B). Związane jest to prawdopodobnie z przemianą czerwonego kationu flawyliowego antocyjanów w bezbarwne oraz żółte formy chalkonów. Pod koniec procesu przechowywania następował spadek wartości parametru  $L^*$ . W etapie tym barwa produktów w znacznym stopniu kształtowana była przez antocyjany spolimeryzowane, gdyż udział barwy polimerycznej w dżemach borówkowych przechowywanych przez 8 miesięcy w temp. 22 °C wynosił 69,1 % (rys. 2). Oligomery w porównaniu z monomerami wykazują większą siłę barwiącą, co mogło być powiązane ze zmniejszeniem wartości parametru  $L^*$ . Istotny wpływ na nasycenie barwy ( $C^*$ ) dżemów z owoców borówek miał czas oraz temperatura przechowywania (tab. 1). Dżemy przechowywane w temp. 22 °C przez dłuższy okres charakteryzowały się znacznie niższą wartością parametru  $C^*$ . Parametr barwy  $h^{\circ}$  istotnie zależał jedynie od czasu przechowywania. Podczas dwóch pierwszych miesięcy stwierdzono znaczne zmniejszenie wartości  $h^{\circ}$ , dlatego produkty przechowywane charakteryzowały się bardziej żółtą tonacją barwy.

Współrzędne barwy ( $C^*$  i  $h^*$ ) dżemów borówkowych były dodatnio skorelowane z zawartością antocyjanów. Współczynnik korelacji pomiędzy zawartością antocyjanów a parametrem  $C^*$   $r = 0,94$  natomiast pomiędzy antocyjanami a parametrem  $h^{\circ}$   $r = 0,70$ . W przypadku parametru  $L^*$  wystąpiła ujemna korelacja z zawartością barwników ( $r = -0,69$ ). Parametry barwy dżemów porzeczkowych nie były skorelowane z zawartością monomerów antocyjanowych, co sugeruje, że barwa tych produktów kształtowana jest również przez inne związki znajdujące się w dżemach. Mogą być to związki powstające podczas produkcji dżemów w wyniku reakcji Maillarda bądź antocyjany spolimeryzowane, gdyż obserwowano istotną zależność między udziałem barwy polimerycznej a parametrem barwy  $L^*$  ( $r = 0,69$ ).

Tabela 1

Zawartość antocyjanów, udział barwy polimerycznej oraz parametry barwy badanych dżemów w zależności od temperatury i czasu ich przechowywania.

Content of anthocyanins, polymeric colour, and colour parameters of jams analyzed depending on temperature and time of their storage.

Efekty główne Main effects	Antocyjany ogółem [mg/100 g] Total anthocyanins [mg/100 g]	Udział barwy polimerycznej [%] Polymeric colour [%]	L*	C*	h°
Dżem porzeczkowy / Blackcurrant jam					
0	33,0a	24,9d	24,9a	3,3a	357,2a
2	19,2b	38,2c	25,2a	3,3a	355,2b
4	12,7c	46,0bc	25,3a	3,2a	356,0ab
6	10,2c	51,5ab	25,3a	3,2a	356,2ab
8	8,2c	56,8a	25,8a	3,2a	357,2a
Czas przechowywania [miesiące] Time of storage [months]	**	**	n.i.	n.i.	*
6 °C	21,8	37,0	25,4	3,2	354,9
22 °C	11,9	49,9	25,0	3,3	357,8
Temperatura przechowywania [°C] Temperature of storage [°C]	**	**	n.i.	n.i.	**
Dżem borówkowy / Blueberry jam					
0	19,3d	34,9d	25,2a	4,5a	358,3a
2	11,7c	49,1c	24,4b	4,0ab	353,8b
4	8,3b	53,5bc	25,4bc	3,6bc	353,4b
6	6,6ab	58,5ab	25,5cd	3,4cd	354,2b
8	5,2a	61,8a	25,6d	3,1d	352,4b
Czas przechowywania [miesiące] Time of storage [months]	**	**	**	**	**
6 °C	13,0	45,2	25,5	4,2	354,7
22 °C	7,4	57,2	25,3	3,3	354,2
Temperatura przechowywania [°C] Temperature of storage [°C]	**	**	n.i.	**	n.i.

\* statystycznie istotny przy  $p < 0,05$  / significant at  $p < 0,05$ ; \*\* statystycznie istotny przy  $p < 0,01$  / statistically significant at  $p < 0,01$ ; n.i. – statystycznie nieistotne / statistically insignificant; wartości średnie oznaczone tą samą literą w kolumnach nie różnią się statystycznie istotnie / mean values denoted by the same letter in columns do not differ statistically significantly.

## Wnioski

1. Degradacja antocyjanów podczas przechowywania dżemów przebiega zgodnie z kinetyką reakcji pierwszego rzędu. Czas połowicznego rozpadu antocyjanów jest dłuższy w dżemach borówkowych w porównaniu z dżemami porzeczkowymi.
2. Temperatura przechowywania istotnie wpływa na zawartość antocyjanów. Dżemy przechowywane przez 8 miesięcy w temperaturze 6°C zawierają od 4- do 7-krotnie więcej barwników w porównaniu z produktami przechowywanymi w temperaturze 22 °C.
3. Podczas przechowywania dżemów nie stwierdzono zróżnicowanego stopnia degradacji poszczególnych antocyjanów.
4. Na barwę dżemów borówkowych wpływa zawartość barwników antocyjanowych. Obserwowano wysoką dodatnią korelację między parametrami barwy C\* i h° a zawartością antocyjanów oraz ujemną korelację pomiędzy parametrem L\* a zawartością barwników antocyjanowych. W przypadku dżemów z owoców porzeczki czarnej nie obserwowano korelacji pomiędzy parametrami barwy a zawartością antocyjanów.
5. Oznaczone parametry barwy dżemów porzeczkowych nie zależały istotnie od zawartości monomerów antocyjanowych, co może sugerować, że również inne związki (produkty reakcji Maillarda, antocyjany spolimeryzowane) kształtują barwę produktów porzeczkowych.

*Praca naukowa współfinansowana ze środków MNiSzW w latach 2007-2010 jako projekt badawczy nr N N312 1832 33.*

## Literatura

- [1] Agblevor F.A., Murden A., Hames B.R.: Improved method of analysis of biomass sugars using high performance liquid chromatography. *Biotech. Letters*, 2004, **(26)**, **15**, 1207-1211.
- [2] Arena E., Fallico B., Maccarone E.: Thermal damage in blood orange juice: kinetics of 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde formation. *Int. J. Food Sci.*, 2001, **(36)**, 145-151.
- [3] Bąkowska-Barczak A.: Acylated Anthocyanins as stable, natural food colorants – a review. *Pol. J. Food Nut. Sci.*, 2005, **2 (55)**, 107-116.
- [4] Brenes C., Pozo-Insfran D. D., Talcott S. T.: Stability of copigmented anthocyanins and ascorbic acid in a grape juice model system. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, **(53)**, 49-56.
- [5] Brownmiller C., Howard L.R., Prior R.L.: Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *J. Food Sci.*, 2008, **5 (73)**, H72-79.
- [6] Cemeroglu B., Velioglu S., Isik S.: Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate. *J. Food Sci.*, 1994, **6 (59)**, 1216-1218.
- [7] Es-Safi N., Cheynier V.R., Moutounet M.: Role of aldehydic derivatives in the condensation of phenolic compounds with emphasis on the sensorial properties of fruit-derived foods. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **(50)**, 5571-5585.

- [8] Es-Safi N., Fulcrand H., Moutounet V.M.: Studies on the acetaldehyde-induced condensation of (-)-epicatechin and malvidin 3-O-glucoside in model solution system. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **(47)**, 2096-2102.
- [9] Gao L., Mazza G.: Quantization and distribution of simple and acylated anthocyanins and other phenolics in blueberries. *J. Food Sci.*, 1994, **5 (59)**, 1057-1059.
- [10] García-Viguera C., Zafrilla P., Artès F., Romero F., Abellán P., Tomàs-Barberán F.A.: Colour and anthocyanin stability of red raspberry jam. *J. Sci. Food Agric.*, 1998, **(78)**, 565-573.
- [11] Garcia-Viguera C., Zafrilla P., Romero F., Abellan P., Artes F., Tomas-Barberan F. A.: Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *J. Food Sci.*, 1999, **2 (64)**, 243-247.
- [12] Garzon G.A., Wrolstad R.E.: Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *J. Food Sci.*, 2002, **67(4)**: 1288-1299.
- [13] Giusti M.M., Wrolstad R.E.: Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: *Handbook of food analytical chemistry – pigment, colorants, flavors, texture, and bioactive food components*. Ed. Wrolstad R.E., J. Wiley & Sons Inc., New York, 2005, pp. F1.2.1-13.
- [14] Kim D.O., Zakour O. I. P.: Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum and raspberry. *J. Food Sci.*, 2004, **9 (69)**, S395-S400.
- [15] Lohachoompol V., Mulholland M., Szrednicki G., Craske J.: Determination of anthocyanins in various cultivars of highbush and rabbiteye blueberries. *Food Chem.*, 2008, **1 (111)**, 249-254.
- [16] Ochoa M.R., Kessler A.G., Vullioud M.B., Lozano J.E.: Physical and chemical characteristics of raspberry pulp: storage effect on composition and color. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 1999, **(149)**, 149-53.
- [17] Oszmiański J.: Zachowanie przeciwutleniaczy w czasie produkcji soków i przecierów z jabłek i owoców jagodowych. W: *Przeciwutleniacze w żywności, aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne – po red. W. Grajka.*, WNT, Warszawa 2007.
- [18] Peri C., Pompei G.: An assay of different phenolic fraction in wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1971, **(22)**, 2.
- [19] PN-A-04019:1998. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- [20] Rada-Mendoza M., Sanz M. L., Olano A., Villamiel M.: Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams fruit-based infant foods. *Food Chem.*, 2004, **(85)**, 605-609.
- [21] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.*, 1999, **(26)**, 9-10, 1231-1237.
- [22] Ścibisz I., Mitek M.: Wpływ procesu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania owoców borówki wysokiej na zawartość antocyjanów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5 (54)**, 229-236.
- [23] Ścibisz I., Mitek M.: Effect of processing and storage conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of highbush blueberry jams. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2009, **1 (59)**, 45-52.
- [24] Skrede G., Wrolstad R. E., Lea P., Enersen G.: Color stability of strawberry and blackcurrants syrups. *J. Food Sci.*, 1992, **(57)**, 172-177.
- [25] Teixido E., Moyano E., Santos F.J., Galcera M.T.: Liquid chromatography multi-stage mass spectrometry for the analysis of 5-hydroxymethylfurfural in foods. *J. Chromat. A.*, 2008, **(1185)**, 1, 102-108.
- [26] Tsai P.J., Delva L., Yu T.Y., Huang Y.T., Dufosse L.: Effect of sucrose on the anthocyanin and antioxidant capacity of mulberry extract during high temperature heating. *Food Res. Inter.*, 2005 **(38)**, 1059-1065.



- [27] Wrolstad R.E., Durst R. W., Lee J.: Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. Trends Food Sci. Technol., 2005, (16), 423-428.

### EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON COLOUR OF JAMS MADE FROM COLOURFUL FRUITS

#### Summary

The objective of the study was to assess the effect of long-term storage on the colour and content of anthocyanins in jams made from colourful fruits. The jams were prepared from highbush blueberries and blackcurrants, and stored at 6 and 22°C with no access to light during 8 months.

The degradation of anthocyanins followed according to the kinetics of the first order reaction and the half-life time of those compounds was longer in the blueberry jams compared to blackcurrant products. The storage temperature was a factor significantly impacting the loss of anthocyanins. In the jams stored for 8 months at 6 °C, the content of pigments was from 4 to 7 times higher compared to the products stored at 22 °C. While the jams were stored, their polymeric colour increased and this fact could be attributed to the polymerization reaction between the anthocyanins and other phenolic compounds. A significant correlation was found between the parameters of colour and the content of anthocyanins in the jams produced from blueberries. The content of monomeric anthocyanins did not impact the colour of blackcurrant jams, and this fact suggests that some other compounds (the Maillard reaction products, polymeric compounds) could shape the colour of blackcurrant products.

**Key words:** colour, anthocyanins, jam, highbush blueberry, blackcurrant, storage ☒

KRYSTIAN MARSZAŁEK, MARTA MITEK, SYLWIA SKĄPSKA

## ZASTOSOWANIE WYSOKICH CIŚNIEŃ HYDROSTATYCZNYCH (UHP) DO UTRWALANIA SOKÓW I NEKTARÓW TRUSKAWKOWYCH

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (UHP) na zawartość antocyjanów i parametry barwy soków i nektarów truskawkowych.

Materiałem badawczym były soki i nektary truskawkowe otrzymane poprzez odtworzenie z zagęszczonego soku truskawkowego. Ekstrakt (7 i 10 %) odpowiednio soku oraz nektaru, jak również kwasowość (5 g/l) i zawartość składnika owocowego (40 %) w nektarze ustalone zostały zgodnie z Kodeksem Praktyki AIJN. Otrzymane produkty utrwalono metodą tradycyjnej pasteryzacji w słoikach o poj. 180 ml (15 min, 85 °C) oraz za pomocą wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (300 i 500 MPa) w opakowaniach polietylenowych w ciągu 5, 10 oraz 15 min i w temperaturze 50 °C. Wszystkie produkty przechowywano w temp. chłodniczej bez dostępu światła. Analizy soków i nektarów przeprowadzono przed utrwaleniem, bezpośrednio po utrwaleniu oraz po 30 i 60 dniach przechowywania.

W sokach i nektarach oznaczono zawartość antocyjanów metodą Fuleki i Francisa oraz parametry barwy w systemie CIE L\*a\*b\*. Zastosowanie wysokiego ciśnienia pozytywnie wpłynęło na zawartość antocyjanów w obu produktach bezpośrednio po procesie, ale straty tych składników w trakcie przechowywania były większe niżeli w produktach poddanych tradycyjnej pasteryzacji. Utrwalanie metodą UHP pozwoliło na skuteczniejsze zachowanie pierwotnej barwy soków i nektarów bezpośrednio po procesie utrwalania oraz w trakcie przechowywania.

**Słowa kluczowe:** truskawka, soki, nektary, ultra wysokie ciśnienie (UHP)

### Wprowadzenie

Truskawki, zarówno w postaci owoców świeżych, jak i przetworzonych charakteryzują się nie tylko atrakcyjnymi cechami sensorycznymi, ale również wysoką aktywnością biologiczną. Spowodowane jest to szczególnie dużą zawartością związków wpływających na ich pojemność przeciwutleniającą. Owoce te bogate są w związki polifenolowe, takie jak: antocyjany (pelargonidyno-3-glukozyd, cyjanidyno-3-

---

*Mgr inż. K. Marszałek, dr hab. M. Mitek, prof. SGGW, Zakład Technologii Owoców i Warzyw, Wydz. Nauk o Żywności, SGGW, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa, mgr inż. K. Marszałek, dr inż. S. Skąpska, Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych, IBPRS, ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa*

glukozyd), flawonole (kwercetyna, kampferol, myricetyna), flawanole (katechiny, proantocyjanidyny) i kwasy fenolowe, a ponadto w witaminę C i mikroelementy (żelazo, fosfor) [11, 14]. Głównym problemem w przetwórstwie truskawek jest niska stabilność barwników antocyjanowych, determinowana różnymi czynnikami: temperaturą, pH, obecnością tlenu, enzymów utleniających, zawartością jonów metali, witaminy C, cukrów i produktów ich degradacji [7]. Tradycyjne metody utrwalania soków i nektarów wymagają użycia wysokiej temperatury, czego konsekwencją są nie tylko straty cennych składników bioaktywnych, ale i niekorzystne zmiany sensoryczne [5]. Działanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (UHP) nie gwarantuje całkowitej inaktywacji drobnoustrojów, dlatego jego stosowanie wymaga dodatkowo obróbki termicznej w trakcie ciśnieniowania. Jest to jednak temperatura znacznie niższa niż w tradycyjnej pasteryzacji. W licznych badaniach dowiedziono, że całkowita inaktywacja polifenolooksydazy (PPO) i peroksydazy (POD) przy ciśnieniu do ok. 700 MPa jest niemożliwa [1, 11, 12, 13]. Dlatego w doświadczeniu jako materiału badawczego użyto soków i nektarów wyprodukowanych z zagęszczonego soku owocowego, wolnego od enzymów działających w sokach tzw. „bezpośrednich”. Dodatkową zaletą metody wysokich ciśnień jest jednolite i natychmiastowe działanie czynnika utrwalającego w całej objętości produktu.

Celem pracy była próba zastosowania wysokich ciśnień hydrostatycznych – UHP (300 i 500 MPa) do utrwalenia soków i nektarów truskawkowych oraz określenie zmian podstawowych parametrów jakościowych.

### **Materiał i metody badań**

Materiał do badań stanowiły soki i nektary truskawkowe, otrzymane z zagęszczonego soku truskawkowego wyprodukowanego przez O.K. Owocowe Koncentraty Sp. z o.o. Zagęszczony sok z truskawek zebranych w czerwcu 2009 roku i był przechowywany w temp.  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  do momentu rozpoczęcia badań. Po sześciu miesiącach przechowywania w temp. zamrażalniczej zagęszczony sok rozmrażano i produkowano z niego sok truskawkowy w skali laboratoryjnej zgodnie z wymaganiami Kodeksu Praktyki Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Soków Owocowych (AIJN). Nektar truskawkowy przygotowano z soku truskawkowego zgodnie z rozporządzeniem MRiRW z 2003 r. [10]. Ekstrakt zagęszczonego soku truskawkowego wynosił 64,7 %, a kwasowość 10,6 % w przeliczeniu na kwas cytrynowy. Sok otrzymano poprzez odtworzenie go z zagęszczonego soku owocowego do ekstraktu 7 %, po czym dosłodziło cukrem w ilości 15 g/l w celu korekcji smaku. Nektar wyprodukowano poprzez rozcieńczenie soku truskawkowego i dodanie cukru do ekstraktu 10 %. Udział soku truskawkowego w nektarze wynosił 40 %, a kwasowość 5 g/l w przeliczeniu na kwas cytrynowy. Otrzymane produkty utrwalano za pomocą tradycyjnej pasteryzacji w słoikach o poj. 180 ml, w temp.  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , w ciągu 15 min oraz metodą wysokich ciśnień hydrosta-

tycznych (UHP) w temp. 50 °C, ciśnieniu 300 i 500 MPa, w ciągu 5, 10 i 15 min. Produkty przed utrwaleniem metodą UHP zapakowano w pojemniki polietylenowe wysokoodporne na działanie wysokich ciśnień.

Zabiegi ciśnieniowania wykonano w komorze typu tłok-cylinder o średnicy wewnętrznej 110 mm i objętości komory roboczej ok. 1,5 l. Dodatkowo komora wyposażona została w zewnętrzny płaszcz grzejny umożliwiający uzyskanie odpowiedniej temperatury procesu oraz termometr i manometr umożliwiające kontrolowanie parametrów ciśnieniowania. Jako medium przenoszące ciśnienie zastosowano wodę z glikolem propylenowym (1:1), a ciśnienie w komorze roboczej wytworzone zostało przy użyciu prasy hydraulicznej 1000 ton.

W sokach i nektarach oznaczano zawartość antocyjanów metodą Fuleki-Francisa [3] oraz obliczano indeks ich degradacji. Barwę soków i nektarów badano w świetle przechodzącym przy użyciu kolorymetru Konica Minolta CR-200, w kuwetach szklanych o grubości 5 mm wobec wzorca bieli. Pomiary prowadzono w systemie CIE  $L^*a^*b^*$ , z zastosowaniem iluminantu D65. Wszystkie analizy prowadzono w produktach przed utrwaleniem, bezpośrednio po utrwaleniu oraz po 30 i 60 dniach przechowywania w temp. chłodniczej (6 °C) bez dostępu światła.

Wyniki analiz opracowano statystycznie przy użyciu komputerowego programu Statgraphics 4.1 Plus z zastosowaniem jednoczynnikowej analizy wariancji. Ocena istotności różnic między wartościami średnimi prowadzono testem t-Studenta na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Zawartość antocyjanów w sokach truskawkowych utrwalanych metodą pasteryzacji i UHP przedstawiono w tab. 1. Sok surowy, niepoddany procesowi utrwalania zawierał 7,2 mg/100 ml antocyjanów. Wszystkie z zastosowanych procesów utrwalania spowodowały istotne straty antocyjanów w stosunku do soku surowego. Stwierdzono również, że w metodzie UHP istotny wpływ na zawartość antocyjanów miał czas działania ciśnienia. Bezpośrednio po produkcji najmniejsze straty antocyjanów (ok. 10 %) wystąpiły w próbkach utrwalonych w ciągu 5 i 15 min przy ciśnieniu 300 MPa oraz 5 min (12 %) przy 500 MPa (tab. 1). W przypadku soków utrwalanych pod ciśnieniem 300 MPa najmniejszą zawartość antocyjanów (5,6 mg/100 ml) oznaczono w próbkach utrwalanych przez 10 min. Również w sokach utrwalonych ciśnieniem 500 MPa najmniej tych składników stwierdzono w próbkach utrwalanych przez 10 min (5,1 mg/100 ml). Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała, że czas przechowywania miał istotny wpływ na zawartość antocyjanów w sokach utrwalonych wszystkimi metodami. Już po 30 dniach przechowywania najmniejsze straty antocyjanów (ok. 40 %) stwierdzono w próbkach utrwalonych w sposób tradycyjny (tab. 1). Po 60 dniach przechowywania antocyjany uległy znacznej degradacji we wszystkich ba-

danych próbkach, ale najmniejsze straty tych składników – 57 % w stosunku do soku surowego, wystąpiły w przypadku soków utrwalonych metodą tradycyjnej pasteryzacji. W przypadku soków poddawanych ciśnieniu 500 MPa czas trwania procesu utrwalania nie miał żadnego wpływu na poziom składników antocyjanowych, a ich zawartość sięgała ok. 30 % początkowej zawartości w soku surowym.

Tabela 1

Zawartość antocyjanów w sokach z truskawek w zależności od procesu utrwalania i przechowywania [mg/100 ml].

Content of anthocyanins in strawberry juices depending on stabilization process and period of storage [mg/100 ml].

Niepasteryzowany Non-pasteurized	Proces / Process	Okres przechowywania [dni] Period of storage [days]		
		0	30	60
A 7,2	Pasteryzacja Pasteurization	B 4,6	B 4,1	C 3,1
	300 MPa			
	5 min	B 6,4 a	C 3,8 a,b	D 2,4 a,b
	10 min	B 5,6 b	C 3,6 b	D 2,3 b
	15 min	B 6,5 a	C 3,6 b	D 2,6 a
	500 MPa			
	5 min	B 6,3 a	B 3,6 b	C 2,4 a
	10 min	B 5,1 b	C 3,6 b	D 2,3 a
	15 min	B 5,4 b	C 3,7 a,b	D 2,5 a

Objaśnienia: /Explanatory notes:

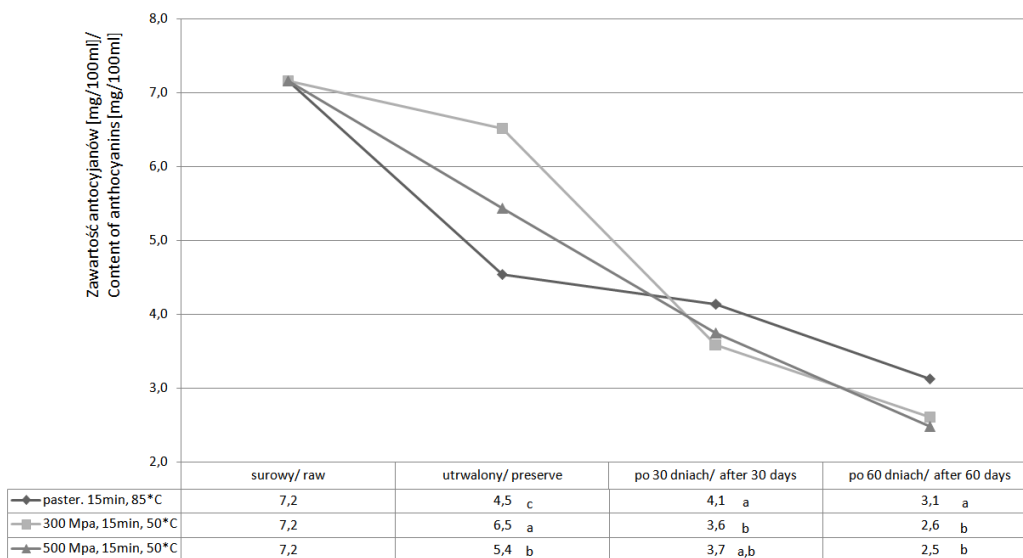
Wartości średnie oznaczone taką samą dużą literą (wiersze) i małą (kolumny) nie różnią się statystycznie istotnie przy  $\alpha = 0,05$

Mean values denoted by the same capital letter (in the lines) and the same small letter (in the columns) do not differ statistically significantly at  $\alpha = 0.05$ .

Wśród próbek poddanych ciśnieniu 300 MPa, po 60 dniach przechowywania najwięcej antocyjanów (37 % w stos. do soku surowego) pozostało w próbkach utrwalanych przez 15 min.

Na rys. 1. przedstawiono zmiany zawartości antocyjanów soków, utrwalonych w ciągu 15 min tradycyjnie oraz metodą UHP (300 i 500 MPa), podczas 60 dni przechowywania. Wykazano, że ciśnienie 300 MPa działające w ciągu 15 min na sok truskawkowy nie miało istotnego wpływu na poziom antocyjanów w trakcie trwania procesu (rys. 1). Stwierdzono, że największe straty antocyjanów (ok. 35 %) w stosunku

do soków surowych wystąpiły w próbkach bezpośrednio po pasteryzacji, natomiast w trakcie przechowywania barwniki te okazały się stabilniejsze w porównaniu z próbkami utrzalonymi metodą UHP. Potwierdzają to także wartości indeksu degradacji antocyjanów. Bezpośrednio po utrzaleniu najwyższy indeks degradacji barwników antocyjanowych wykazano w sokach pasteryzowanych (1,61), a najniższy (1,34) w sokach poddawanych ciśnieniu 300 MPa przez 5 min oraz przy zastosowaniu ciśnienia 500 MPa w ciągu 10 i 15 min (tab. 2). Różnice te mogły być spowodowane przede wszystkim działaniem znacznie wyższej temperatury pasteryzacji w porównaniu z temperaturą stosowaną do utrzalania soków metodą wysokich ciśnień. Podczas przechowywania soków następowała stopniowa degradacja antocyjanów we wszystkich badanych próbkach, przy czym współczynnik degradacji antocyjanów w sokach utrzalonych metodą UHP osiągał wyższe wartości w porównaniu z sokami pasteryzowanymi.



Rys. 1. Zmiany zawartości antocyjanów w sokach z truskawek w czasie ich przechowywania.

Fig. 1. Changes in the content of anthocyanins in strawberry juices during their storage.

Jak podaje Terefe [11], zawartość antocyjanów w truskawkach wynosi ok. 15 mg/100 g ś.m. Zawartość tych substancji w gotowym produkcie zależy od ich ilości w surowcu i strat spowodowanych procesem technologicznym. W procesie przetwarzania truskawek na klarowne, zagęszczane soki działanie temperatury w czasie rozparzania miazgi, zagęszczania czy pasteryzacji może w różnym stopniu spowodować stratę cennych składników surowca. Dodatkowo enzymacja miazgi, tłoczenie i klarowanie soku także może oddziaływać na zawartość składników biologicznie czynnych w go-

towym produkcji [7]. Patras i wsp. [8] w badaniach nad wpływem wysokich ciśnień na parametry jakościowe puree truskawkowego wykazali blisko 30 % straty barwników antocyjanowych podczas tradycyjnego termicznego utrwalania. Straty tych składników były znacznie mniejsze w przypadku zastosowania ciśnienia rzędu 400 MPa i wyniosły one 15 %. Zastosowanie ciśnienia rzędu 600 MPa, czasu 15 min i temp. 20 °C nie spowodowało strat antocyjanów w badanym puree [8]. Należy jednak pamiętać, że puree truskawkowe zawiera znacznie więcej cennych składników bioaktywnych w porównaniu z sokiem odtworzonym z zagęszczonego soku truskawkowego i składniki te, takie jak witamina C czy inne polifenole, mogą mieć wpływ na stabilność związków antocyjanowych.

Tabela 2

Indeks degradacji soków z truskawek w trakcie ich przechowywania.  
Degradation Index of strawberry juices during their storage.

Proces Process		Czas przechowywania / Storage time		
		po utrwaleniu after stabilization	po 30 dniach after 30 days	po 60 dniach after 60 days
Pasteryzowany Pasteurized		1,61	1,92	2,35
UHP 300 MPa	5 min	1,34	1,77	2,44
	10 min	1,36	1,83	2,56
	15 min	1,35	1,83	2,28
UHP 500 MPa	5 min	1,35	1,85	2,45
	10 min	1,34	1,83	2,53
	15 min	1,34	1,79	2,38

Wyprodukowane nektary spełniały założone wymagania Kodeksu Praktyki AIJN. Ekstrakt zgodnie z założeniami wyniósł 10 %, a kwasowość 5 g/l (jako kwas cytrynowy). Analiza statystyczna wykazała, że czas przechowywania miał istotny wpływ na poziom antocyjanów we wszystkich badanych próbkach (tab. 3). Nektar niepoddany procesowi utrwalania zawierał 2,9 mg barwników antocyjanowych w 100 ml i każda z zastosowanych metod utrwalania istotnie wpłynęła na ich zawartość w gotowym produkcie. W trakcie przechowywania różnice te również występowały, ale już po 30 dniach przechowywania nie były one statystycznie istotne (rys. 2).

Najmniejszą zawartość badanego składnika (2,6 mg/100 ml) bezpośrednio po utrwaleniu oznaczono w nektarze utrwalonym termicznie, metodą tradycyjnej pasteryzacji. Wśród nektarów poddawanych działaniu wysokiego ciśnienia bezpośrednio po procesie największą zawartość antocyjanów oznaczono w próbkach poddawanych ciśnieniowaniu w ciągu 5 min, przy 300 i 500 MPa. Dłuższy, od 5 min, czas działania ciśnienia nie miał istotnego wpływu na poziom antocyjanów przy żadnym z zastoso-

wanych ciśnień. Indeks degradacji obliczony bezpośrednio po utrwaleniu (tab. 4) wskazywał, że największej degradacji (1,43) uległy barwniki w nektarach utrwalonych przez pasteryzację tradycyjną.

Tabela 3

Zawartość antocyjanów w nektarach z truskawek w zależności od procesu utrwalania i przechowywania [mg/100 ml].

Content of anthocyanins in strawberry nectars depending on preservation process and storage time [mg/100 ml].

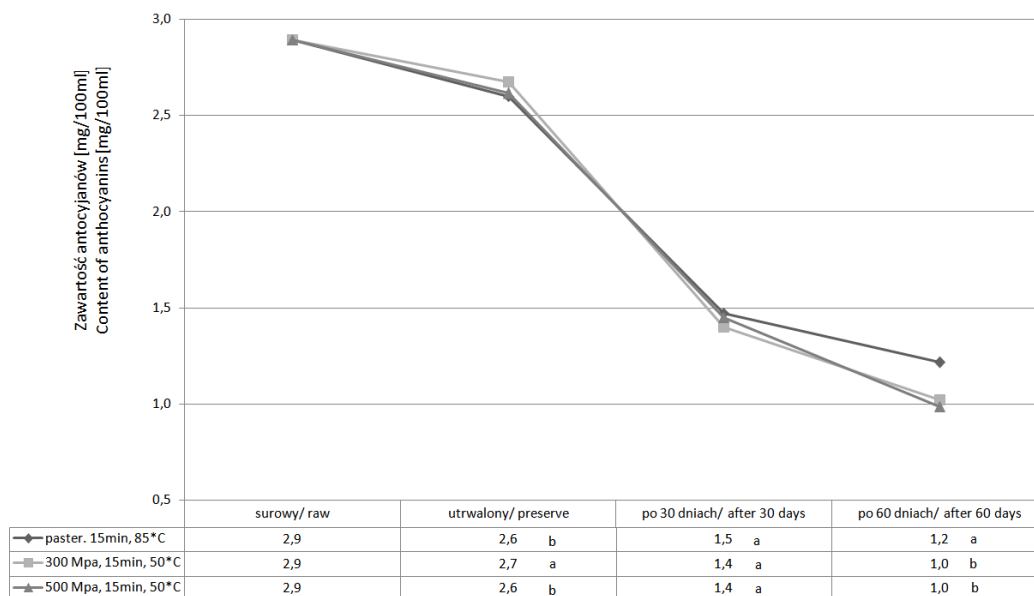
Niepasteryzowany Non-pasteurized	Proces / Process	Okres przechowywania [dni] Period of storage [days]		
		0	30	60
A 2,90	Pasteryzowany Pasteurized	B 2,6	C 1,5	D 1,2
	300 MPa			
	5 min	B 2,8 a	C 1,3 a	D 1,1 a
	10 min	B 2,7 b	C 1,3 a,b	D 1,0 a
	15 min	B 2,7 b	C 1,4 a,b	D 1,0 a
	500 MPa			
	5 min	B 2,6 a	C 1,3 a	D 1,0 a
	10 min	B 2,6 a,b	C 1,3 a	D 1,0 a
	15 min	B 2,6 a,b	C 1,4 a	D 1,0 a

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wartości średnie oznaczone taką samą dużą literą (wiersze) i małą (kolumny) nie różnią się statystycznie istotnie przy  $\alpha = 0,05$

Mean values denoted by the same capital letter (in the lines) and the same small letter (in the columns) do not differ statistically significantly at  $\alpha=0.05$





Rys. 2. Zmiany zawartości antocyjanów w nektarach z truskawek w czasie ich przechowywania.

Fig. 2. Changes in content of anthocyanins in strawberry nectars during their storage.

Tabela 4

Indeks degradacji nektarów z truskawek w trakcie ich przechowywania.

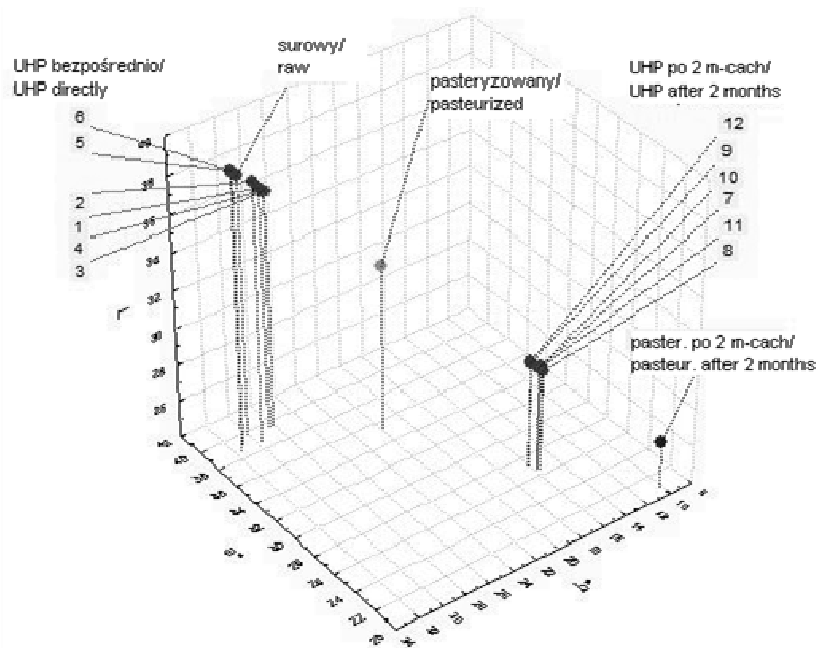
Degradation Index of strawberry nectars during their storage.

Proces Process		Czas przechowywania / Storage time		
		po utrwaleniu After stabilization	po 30 dniach after 30 days	po 60 dniach after 60 days
Pasteryzowany Pasteurized		1,43	1,91	2,11
UHP 300 MPa	5 min	1,32	1,83	2,07
	10 min	1,34	1,77	2,08
	15 min	1,33	1,73	2,05
UHP 500 MPa	5 min	1,33	1,77	2,15
	10 min	1,34	1,76	2,07
	15 min	1,34	1,68	2,12

Wszystkie metody z zastosowaniem wysokiego ciśnienia bezpośrednio po produkcji wskazywały na mniejszy stopień degradacji antocyjanów. Po 30 dniach przechowywania poziom antocyjanów uległ wyrównaniu we wszystkich próbkach poddanych działaniu ciśnienia i mieścił się w granicach 1,3 - 1,5 mg/100 ml.

Po 30 dniach największy indeks degradacji barwników stwierdzono w nektarach pasteryzowanych tradycyjnie (1,91), a najniższy (1,68) w nektarach utrwalonych ciśnieniem 500 MPa w ciągu 15 min. Po 60 dniach przechowywania czas ciśnieniowania nie miał statystycznie istotnego wpływu na zawartość antocyjanów w badanych nektarach. Po tym czasie indeks degradacji nektarów pasteryzowanych wyniósł 2,11, a w nektarach utrwalonych wysokim ciśnieniem wahał się w granicach od 2,05 do 2,15. Na rys. 2. przedstawiono zmiany zawartości antocyjanów w trakcie 60-dniowego przechowywania nektarów utrwalonych tradycyjnie oraz metodą UHP (300 i 500 MPa) w ciągu 15 min. Po 30 dniach przechowywania nie wystąpiły istotne różnice między metodami utrwalania, a po 60 dniach przechowywania najskuteczniejszą metodą na zachowanie barwników antocyjanowych okazała się metoda tradycyjnej pasteryzacji.

Obserwowana większa stabilność przechowalnicza soków i nektarów utrwalonych metodą UHP może mieć charakter zmian mikrobiologicznych tych produktów, co potwierdzają inne badania [2, 4, 6].



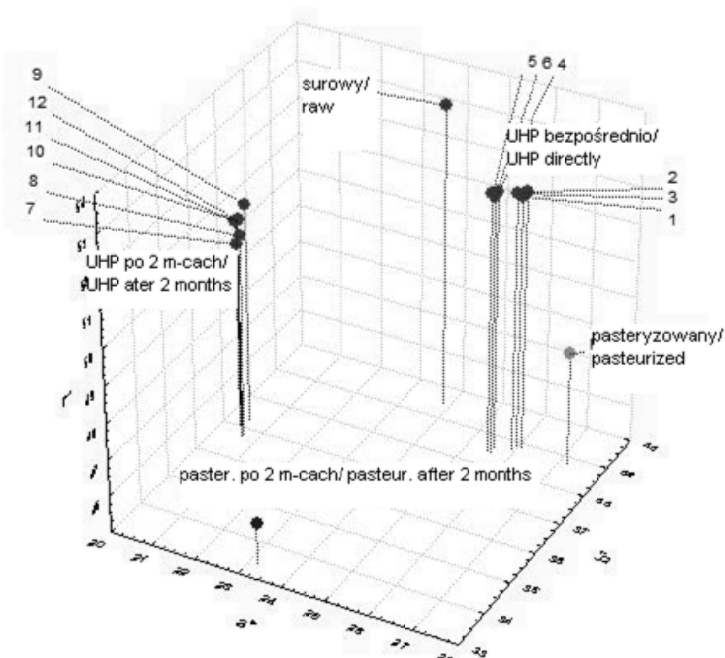
Objaśnienia:/ Explanatory notes:

(1 i 7-300 MPa, 5 min, 2 i 8-300 MPa, 10 min, 3 i 9-300 MPa, 15 min, 4 i 10-500 MPa, 5 min, 5 i 11-500 MPa, 10 min, 6 i 12-500 MPa, 15 min)

Rys. 3. Zmiany parametrów barwy w sokach z truskawek w trakcie ich przechowywania.

Fig. 3. Changes in colour parameters in strawberry juices during their storage.

W sokach i nektarach dokonano również pomiaru parametrów barwy w systemie CIE  $L^*a^*b^*$ . Zmiany barwy zachodzące w sokach i nektarach przedstawiono odpowiednio na rys. 3. i 4. Z danych tych wynika, że parametry barwy soków truskawkowych utrwalonych metodą UHP miały bardzo zbliżone wartości do soku surowego niepoddanego procesowi utrwalania. Sok utrwalony metodą pasteryzacji bezpośrednio po procesie wykazywał znaczne zmiany barwy w obrębie parametrów  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  w porównaniu z sokiem surowym. Zmiany wszystkich parametrów barwy pogłębiały się w trakcie 60-dniowego przechowywania wszystkich soków, ale największe wystąpiły w sokach pasteryzowanych tradycyjnie. Jednocześnie nie stwierdzono wyraźnych zmian barwy w zależności od stosowanych okresów ciśnieniowania i wysokości ciśnień.



Objaśnienia:/ Explanatory notes:

(1 i 7-300 MPa, 5 min., 2 i 8-300 MPa, 10 min., 3 i 9-300 MPa, 15 min., 4 i 10-500 MPa, 5 min., 5 i 11-500 MPa, 10 min., 6 i 12-500 MPa, 15 min.)

Rys. 4. Zmiany parametrów barwy w nektarach z truskawek w trakcie ich przechowywania.

Fig. 4. Changes in colour parameters of strawberry nectars during their storage.

Na rys. 4. przedstawiono parametry barwy nektarów utrwalanych różnymi metodami. Stwierdzono, że czas ciśnieniowania nie miał istotnego wpływu na barwę nektarów, natomiast wpływ wysokości stosowanego ciśnienia wystąpił jedynie w próbkach

bezpośrednio po utrwaleniu. Różnice w próbkach, utrwalanych wysokim ciśnieniem, podczas przechowywania polegały głównie na zmianach parametru  $a^*$ , natomiast w próbkach pasteryzowanych tradycyjnie wystąpiły wyraźne zmiany w obrębie wszystkich trzech parametrów  $L^*$ ,  $a^*$  oraz  $b^*$ .

### Wnioski

1. Zastosowane metody utrwalania w istotny sposób wpłynęły na zmniejszenie zawartości antocyjanów w sokach i nektarach w porównaniu z próbkami kontrolnymi.
2. Wielkość stosowanego ciśnienia (300 i 500 MPa) nie miała istotnego wpływu na zawartość antocyjanów i barwę soku i nektaru truskawkowego.
3. Nie stwierdzono istotnego wpływu czasu ciśnieniowania na poziom oznaczanych parametrów jakościowych soków i nektarów truskawkowych (oprócz soków w utrwalanych w ciągu 10 min, przy ciśnieniu 300 MPa).
4. Bezpośrednio po wyprodukowaniu soki i nektary truskawkowe utrwalone metodą UHP charakteryzowały się większą zawartością antocyjanów i niższym indeksem degradacji barwników antocyjanowych w stosunku do prób pasteryzowanych metodą tradycyjną.
5. Podczas 60 dni przechowywania oznaczone parametry jakościowe soków i nektarów truskawkowych (zawartość antocyjanów, indeks degradacji i barwa) ulegały większym zmianom w próbkach utrwalonych metodą UHP, w porównaniu z produktami pasteryzowanymi.
6. Obserwowana większa stabilność przechowalnicza soków i nektarów utrwalonych metodą UHP może mieć charakter zmian mikrobiologicznych tych produktów, co wskazuje na konieczność kontynuowania badań obejmujących analizy mikrobiologiczne.

### Literatura

- [1] Baron A., Dénes J.M., Durier Ch.: High-pressure treatment of cloudy apple juice. *Food Sci. Technol.*, 2006, **39**, 1005-1013.
- [2] Buzrul S., Alpas H., Largeteau A., Demazeau G.: Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in kiwifruit and pineapple juices by high hydrostatic pressure. *Int. J. Food Microbiol.*, 2008, **124**, 275-278.
- [3] Fuleki T., Francis F.J.: Quantitative methods for anthocyanins. *J. Food Sci.*, 1968, **33**, 72.
- [4] Kostrzewa E.: Wpływ wysokich ciśnień (UHP) na jakość soków owocowych. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2001, **3**, 22-24.
- [5] Lambert Y., Demazeau G., Largeteau A., Bouvier J-M.: Changes in aromatic volatile composition of strawberry after high pressure treatment. *Food Chem.*, 1999, **67**, 7-16.
- [6] Molenda J.: Wybrane niekonwencjonalne metody utrwalania żywności. *Med. Wet.*, 2007, **9**, 63, 1016-1020.

- [7] Oszmiański J., Wojdyło A., Matuszewski P.: Zmiany zawartości związków fenolowych podczas produkcji zagęszczonego soku truskawkowego w warunkach przemysłowych. *Żywność Nauka Technologia. Jakość.*, 2007, **1**, 50, 94-104.
- [8] Partas A., Brunton N.P., Pieve S., Butler F.: Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanins content and colour of strawberry and blackberry purées. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 2009, **10**, 308-313.
- [9] Rodrigo D., Loey A., Hendrickx M.: Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. *J. Food Eng.*, 2007, **79**, 553-560.
- [10] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 30 września 2003 r. w sprawie szczególnych wymagań w zakresie jakości handlowej soków i nektarów owocowych. *Dz. U.* Nr 177, poz. 1735.
- [11] Terefe N.S., Matthies K., Simons L., Versteeg C.: Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutrition quality of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 2009, **10**, 297-307.
- [12] Terefe N.S., Yang Y.H., Knoerzer K., Buckow R., Versteeg C.: High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 2010, **11**, 52-60.
- [13] Valdramidis V.P., Graham W.D., Beattie A., Linton M., McKay A., Fearon A.M., Patterson M.F.: Defining the stability interfaces of apple juice: Implications on the optimization and design of High Hydrostatic Pressure treatment. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 2009, **10**, 396-404.
- [14] Żurawicz E.: Truskawka i poziomka. *Zeszyty Pomologiczne. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa. Zakład Upowszechniania Postępu.*, 1994, 3-24.

## APPLICATION OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURES (UHP) TO STABILIZE STRAWBERRY JUICES AND NECTARS

### S u m m a r y

The objective of this study was to determine the effect of high hydrostatic pressure (UHP) on the content of anthocyanins and colour characteristics of strawberry juices and nectars.

The experimental material comprised strawberry juices and nectars produced by restoring the concentrated strawberry juice. Extracts (8 and 10 %) of the juice and nectar, respectively, as well as the acidity (5 g/l) and the content of fruit ingredient (40 %) in the nectar were determined in accordance with the 'AIJN' Code of Practice. The products made were stabilized in 180 ml jars (15 min., 85 °C) using a traditional pasteurization method, and a high hydrostatic pressure (300 and 500 MPa) in polyethylene containers, during 5, 10, and 15 minutes, at a temperature of 50 °C. All products were stored at a refrigeration temperature of 4°C away from light. The juices and nectars were analyzed before the stabilization, immediately after the stabilization, and after their 30 and 60 day storage.

In the juices and nectars, there were determined: the content of anthocyanins using a Fuleki and Francis method and the colour parameters in a CIE L\*a\*b\* system. The high pressure applied had a positive effect on the content of anthocyanins in the two products immediately after the process accomplished, but the losses of those components during the storage were higher than in the traditionally pasteurized products. The UHP method used to stabilize the products permitted to more effectively stabilize the original colour of the juices and nectars immediately after the stabilization process and during the storage.

**Key words:** strawberry, juices, nectars, ultra high pressure (UHP) ☒

MAŁGORZATA KASPRZAK, ZBIGNIEW RZEDZICKI,  
EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA

## WPLYW DODATKU RAZÓWKI OWSIANEJ NA CECHY JAKOŚCIOWE CHLEBA PSZENNEGO

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku razówki owsianej (odmiany SAM i STH 6905) na przebieg technologii wypieku chleba pszennego (wydajność ciasta, wydajność chleba, upiek, strata piecowa całkowita), właściwości fizyczne chleba (objętość 100 g chleba, porowatość mięksizu, WAI, WSI), cechy sensoryczne oraz skład chemiczny chleba (wilgotność, zawartości związków mineralnych w postaci popiołu, białka, błonnika nierozpuszczalnego w środowisku kwaśnym (ADF), ligniny kwaśno-detergentowej (ADL), celulozy (CEL), błonnika pokarmowego nierozpuszczalnego (IDF), rozpuszczalnego (SDF) i całkowitego (TDF)). Wykazano, że razówka owsiana stosowana w ilości do 12 % może być bardzo dobrym nośnikiem białka i błonnika pokarmowego w tradycyjnym jasnym chlebie. Wypieczony chleb pszenno-owsiany charakteryzował się bardzo niskimi wartościami współczynnika rozpuszczalności suchej masy (WSI) (4,84 - 8,53 % s.m.), wysoką zawartością białka i błonnika pokarmowego.

**Słowa kluczowe:** chleb, razówka owsiana, błonnik pokarmowy

### Wprowadzenie

Pomimo obserwowanej w ostatnich latach malejącej tendencji spożycia tradycyjnego pieczywa fermentowanego, jego roczne spożycie w Polsce kształtuje się na poziomie 60,72 kg/osobę [21]. Konsumenci poszukują coraz częściej pieczywa o podwyższonej zawartości błonnika pokarmowego wzbogacanego dodatkami zbóż niechlebowych np. owsa i jęczmienia [3, 6, 11, 14]. Ze względu na skład chemiczny owies powinien być zbożem szczególnie cenionym przez konsumentów i producentów żywności. W porównaniu do tradycyjnych zbóż chlebowych (pszenicy i żyta) charakteryzuje się on dużą zawartością tłuszczu (4 - 10 % s.m.) o cennym składzie kwasów tłuszczowych [2, 7, 28], dużą zawartością białka (nawet do 20 %) o bardzo korzystnym

---

*Dr inż. M. Kasprzak, prof. dr hab. inż. Z. Rzedzicki, dr inż. E. Sykut-Domańska, Zakład Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin*

składzie aminokwasowym i wysokiej zawartości aminokwasów egzogennych: lizyny, treoniny, metioniny i argininy [2, 3, 7, 27, 28]. Ważnym składnikiem ziarna owsa jest błonnik pokarmowy. Zawartość błonnika w nieobłuszczonej ziarnie owsa może przekraczać 30 %. W ziarnie obłuszczonej zawartość tego składnika może dochodzić do 20 % [2, 7, 27, 28].

W błonniku owsianym duży udział stanowi frakcja rozpuszczalna (SDF), w tym rozpuszczalne (1→3) (1→4) β-D glukany. W polskich odmianach owsa zawartość tego szczególnie cennego prebiotyku może dochodzić nawet do 5 % s.m. [27].

Wiele prac badawczych poświęcono funkcjonalnym cechom przetworów owsianych [9, 10, 17]. Produkty owsiane korzystnie wpływają na układ immunologiczny, obniżają poziom cholesterolu we krwi (szczególnie frakcji LDL i VLDL) oraz poposiłkowe stężenie glukozy we krwi, są niezwykle cennym elementem profilaktyki chorób nowotworowych jelita grubego itp. [7, 17]. Każde wprowadzenie komponentu owsianego do tradycyjnych przetworów zbożowych, w tym także do powszechnie spożywanego jasnego pieczywa, staje się elementem profilaktyki chorób cywilizacyjnych.

Celem niniejszej pracy było określenie możliwości wprowadzenia komponentu owsianego z wybranych odmian owsa (o zróżnicowanej zawartości błonnika rozpuszczalnego i (1→3) (1→4) β-D glukawanów) do tradycyjnego jasnego chleba pszennego oraz określenie wpływu tego dodatku na właściwości fizyczne, skład chemiczny, a także cechy sensoryczne chleba.

### Material i metody badań

W celu określenia składu frakcyjnego, surowce stosowane w badaniach poddano analizie sitowej na odsiewaczu laboratoryjnym SZ-1. Odsiewanie próbek prowadzono przez 10 min na zestawie sit o określonej wielkości oczek (tab. 1). Średnicę zastępczą wyliczano z równania:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i \times m_i}{M}$$

gdzie:

$\phi$  – średnica zastępcza [mm],

$\phi_i$  – średnia średnica i-tego przedziału [mm],

$m_i$  – masa próbki z i-tego przedziału [g],

$M$  – masa próbki użyta do oznaczeń [g].

Do wypieku chleba zastosowano mąkę pszenną typu 450 o średnicy zastępczej 0,11 mm (tab. 1). Jako zamienniki mąki pszennej zastosowano razówkę owsianą z odmiany SAM oraz z rodu STH 6905 o zróżnicowanej zawartości (1→3) (1→4) β-D glukawanów. Ziarno owsa pochodziło ze stacji badawczej Hodowla Roślin Strzelce Sp.

z o.o. W celu uzyskania możliwie wysokiej zawartości błonnika w razówce owsianej nieobłuszczone ziarno owsa rozdrabniano dwukrotnie w rozdrabniaczu udarowym, stosując sita 5 mm i 2 mm. Po drugim rozdrobieniu razówkę odsiewano w celu usunięcia grubszych fragmentów plewki. Frakcję przesiewu odmiany SAM cechowała średnica zastępcza 0,77 mm, a w przypadku rodu STH 6905 – 0,78 mm (tab. 1).

Ciasto prowadzono metodą jednofazową zgodnie z metodyką Instytutu Piekarstwa (Berlin) [8]. W badaniach zastosowano zmienny udział razówki owsianej od 1,5 do 12 % przy stałym dodatku drożdży (3 %) i soli (1,5 %). Prowadzenie ciasta odbywało się w warunkach laboratoryjnych w taki sposób, aby zapewnić każdej próbce jednakowy czas mieszania (10 min), fermentacji oraz stałą temperaturę. W celu podkreślenia wpływu udziału razówki owsianej, przyjęto stały dodatek wody (450 ml) zapewniający uzyskanie wydajności ciasta w na poziomie 160 %. Wypiek kęsów o masie 250 g prowadzono w piecu laboratoryjnym PL-10 w temp. 230 °C przez 30 min. Z każdej próby wypiekano po 5 bochenków.

Tabela 1

Analiza sitowa surowców.

Sieve analysis of raw materials.

Frakcja Fraction [mm]	Mąka pszenna Wheat flour	Frakcja Fraction [mm]	Razówka owsiana Oat meal	
			SAM	STH 6905
	[%]		[%]	
> 0,25	1,81	> 1,6	2,57	1,97
0,25 - 0,2	3,16	1,6 - 1,2	11,63	11,10
0,2 - 0,125	19,09	1,2 - 1,0	13,40	14,07
0,125 - 0,1	31,01	1,0 - 0,8	19,23	20,57
0,1 - 0,063	39,39	0,8 - 0,5	20,90	23,23
0,063 - 0,045	5,54	0,5 - 0,265	23,53	19,83
< 0,045	0,00	< 0,265	8,73	9,23
Średnica zastępcza Equivalent diameter [mm]	0,11	Średnica zastępcza Equivalent diameter [mm]	0,77	0,78

Ocena jakości chleba obejmowała określenie jego wydajności, upieku i straty piecowej całkowitej [8]. Po 24 h od wypieku dokonywano oceny sensorycznej chleba.



Analizę przeprowadzał 10-osobowy zespół przeszkolony w ocenie badanych cech jakościowych [19]. Przeprowadzano także określenie właściwości fizycznych chleba: oznaczanie objętości 100 g pieczywa [19], porowatości miękiszu [19], wodochłonności (WAI) i współczynnika rozpuszczalności suchej masy (WSI) zgodnie z metodą AACC, 88-04 [1, 22] przy przeciążeniach wirówki 2200 g oraz stałym czasie wirowania wynoszącym 15 min. Wszystkie oznaczenia wykonywano w 5 powtórzeniach.

W ramach badania składu chemicznego surowców oraz chleba wzorcowego i pszenno-owsianego analizowano: wilgotność (AACC, Method 08-01) [1], zawartość związków mineralnych w postaci popiołu (AACC, Method 08-01) [1], białka (AOAC, Method 981,10) [1], błonnika nierozpuszczalnego w środowisku kwaśnym (ADF), ligniny kwaśno-detergentowej (ADL) i celulozy (CEL) metodą detergentową (van Soest) [29, 30] oraz błonnika pokarmowego nierozpuszczalnego (IDF), rozpuszczalnego (SDF) i całkowitego (TDF) metodą enzymatyczną (AOAC, Method 991,43; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32-21; AOAC, Method 985,29; AACC, Method 32-05) [1]. W badaniach błonnika stosowano enzymy i procedury firmy Megazyme. W każdej serii oznaczeń stosowano testy kontrolne firmy Megazyme oraz próby kontrolne sporządzone z kazeiny i skrobi. W mące pszennej oznaczano zawartość glutenu mokrego, jego wilgotność, rozptywalność i elastyczność [18] oraz liczbę opadania [20]. Obliczano także wartości liczby glutenowej. Wszystkie analizy chemiczne wykonywano w 3 powtórzeniach.

Uzyskane wyniki poddano opracowaniu statystycznemu przy użyciu programu statystycznego SAS ver. 9,1. Wyliczano wartości średnie, odchylenia standardowe, współczynniki zmienności oraz istotności różnic. W jednoczynnikowej analizie wariancji przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . Zastosowano test Tukey'a, zwany testem właściwej znaczącej różnicy, służący do ustalenia porównań wielokrotnych dla efektu głównego. Jeżeli wartości współczynnika zmienności przekraczały granice wyznaczone dla danej metody, wyniki odrzucano i analizy wykonywano ponownie.

## Wyniki i dyskusja

Zastosowana mąka pszenna typu 450 jako podstawowy surowiec strukturotwórczy wykazywała bardzo dobrą wartość wypiekową. Charakteryzowała się średnią aktywnością amylolityczną (liczba opadania 282 s), zawartością glutenu mokrego na poziomie 29,5 %, wilgotnością glutenu 65,14 %, elastycznością glutenu drugiego stopnia i rozptywalnością glutenu 7,90 mm (tab. 2).

Zastosowane do wypieku razówki owsiane (SAM, STH 6905), w porównaniu z mąką pszenną, charakteryzowały się większą zawartością popiołu, białka, (1→3) (1→4)  $\beta$ -D glukanów, poszczególnych frakcji włókna detergentowego (ADF, ADL, CEL), wszystkich frakcji błonnika pokarmowego oznaczanego metodą enzymatyczną (tab. 3) oraz zróżnicowanymi właściwościami fizycznymi (WAI, WSI, wilgotność)

(tab. 4). Razówka wybranych odmian owsa cechowała się zróżnicowaną zawartością (1→3) (1→4)  $\beta$ -D glukanów. W razówce z odmiany SAM ich ilość była istotnie większa (4,44 % s.m.) niż w razówce z rodu STH 6905 (3,09 % s.m.) (tab. 3).

Tabela 2

Charakterystyka mąki pszennej typu 450.  
Profile of wheat flour, type 450.

	Wskaźnik Indices	Jednostka Unit	Mąka pszenna typu 450 Wheat flour, type 450
Gluten Gluten	Zawartość Content	[%]	29,5 ± 1,8
	Wilgotność Moisture	[%]	65,14 ± 0,42
	Elastyczność Flexibility	[°]	2
	Rozpływalność Spreadability	[mm]	7,90 ± 0,42
	Liczba glutenowa Gluten number	[-]	43,85
	Liczba opadania Falling number	[s]	282 ± 9

Wprowadzenie do receptury surowca owsianego nie powodowało poważniejszych różnic w prowadzeniu ciasta oraz wypieku chleba w porównaniu z ciastem i pieczywem wzorcowym.

Dodatek razówki owsianej skutkował niewielkim wzrostem wydajności chleba; ze 134,18 % – chleb wzorcowy do 137 % – chleb z 12 % dodatkiem razówki owsianej (tab. 5). Jest to tendencja typowa, gdyż wodochłonność mąki owsianej była znacznie większa niż pszennej (tab. 4). Wydajność pieczywa jest cechą zależną od bardzo wielu czynników m.in. jakości mąki, sposobu prowadzenia i fermentacji ciasta, stosowanych dodatków technologicznych, wilgotności ciasta, masy kęsów oraz rodzaju pieczywa. Wartości wydajności pieczywa w przypadku chlebów mogą zawierać się w dość szerokim zakresie od 131 % do nawet 149,5 % [5, 12, 15].

Tabela 3

Charakterystyka składu chemicznego mąki pszennej oraz razówek owsianych.  
Chemical composition of wheat flour and oat wholemeals.

Surowiec Raw material		Popiół Ash	Białko Protein	B-D- glukany B-D- glucans	Błonnik pokarmowy Dietary fibre			Włókno detergentowe Detergent fibre		
					całkowity total TDF	nierozpuszczalny insoluble IDF	rozpuszczalny soluble SDF	kwaśne acid ADF	lignina lignin ADL	celuloza celulose CEL
[% s.m. / d.m.]										
Mąka pszenna Wheat flour		0,481 ± 0,008	10,75 ± 0,08	0,18 ± 0,02	4,29	2,01 ± 0,08	2,28 ± 0,06	0,280 ± 0,015	0,08 ± 0,01	0,20
Razówka owsiana Oat wholemeal	SAM	2,184 <sup>b</sup> ± 0,008	15,93 <sup>a</sup> ± 0,05	4,44 <sup>a</sup> ± 0,04	22,54 <sup>b</sup>	18,15 <sup>a</sup> ± 0,14	4,39 <sup>b</sup> ± 0,05	6,684 <sup>a</sup> ± 0,096	1,46 <sup>a</sup> ± 0,07	5,23 <sup>a</sup>
	STH 6905	2,249 <sup>a</sup> ± 0,023	14,78 <sup>b</sup> ± 0,06	3,09 <sup>b</sup> ± 0,05	19,30 <sup>a</sup>	16,71 <sup>b</sup> ± 0,13	2,59 <sup>a</sup> ± 0,02	6,474 <sup>b</sup> ± 0,011	1,20 <sup>b</sup> ± 0,05	5,27 <sup>a</sup>

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$  / mean values in the columns, denoted by different letters, differ statistically significantly at a level of  $\alpha = 0.05$ .

Tabela 4

Wyniki wodochłonności (WAI), współczynnika rozpuszczalności suchej masy (WSI) i wilgotności surowców.

Results of water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), and moisture content of raw materials.

Surowiec Raw material		Wodochłonność Water absorption index	Współczynnik rozpuszczalności suchej masy Water solubility index	Wilgotność Moisture content
		[% s.m. / d.m.]		[%]
Mąka pszenna Wheat flour		94,0 ± 5,3	4,31 ± 0,19	12,53 ± 0,01
Razówka owsiana Oat wholemeal	SAM	251,2 <sup>a</sup> ± 8,4	3,15 <sup>b</sup> ± 0,12	8,09 <sup>b</sup> ± 0,06
	STH 6905	243,4 <sup>a</sup> ± 6,6	3,46 <sup>a</sup> ± 0,10	8,41 <sup>a</sup> ± 0,05

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$  / mean values in the columns, denoted by different letters, differ statistically significantly at a level of  $\alpha = 0.05$ .

Komponenty owsiane wpływały jednoznacznie na zmniejszenie wartości upieku i straty piecowej całkowitej. Wartość upieku chleba pszenno-owsianego zmniejszała się wraz ze wzrostem udziału razówki owsianej i zawierała się w przedziale od 13,11 % (1,5 % STH 6905) do 11,50 % (12 % SAM), podczas gdy w pszenym pieczywie wynosiła 14,44 % (tab. 5). Podobny kierunek zmian odnotowano także w ocenie straty piecowej całkowitej. Uzyskiwane wartości były wyższe i wynosiły 15,59 - 14,14 % w przypadku chleba z dodatkiem razówki odmiany SAM i 15,17 - 14,01 % z razówką owsianą STH 6905 (tab. 5).

W wielu pracach [5, 6, 12, 15] podawane są wartości straty wypiekowej chleba w przedziale od 8 do 17 %, a w pieczywie drobnym może ona wynosić nawet do 20 %. W wyniku dłuższego przechowywania wartości ubytku mogą dodatkowo wzrosnąć o 3 - 4 %. Wielkości upieku, jak i straty piecowej całkowitej, wynikają z utraty wody, dwutlenku węgla, alkoholu oraz substancji lotnych podczas wypieku oraz studzenia i są nieodłącznym elementem technologii wypieku. Parametrami mającymi dodatkowy wpływ na wielkość tych ubytków są także rodzaj, kształt, wielkość i objętość pieczywa, sposób prowadzenia wypieku, stosowane dodatki technologiczne, rodzaj użytego pieca piekarniczego [12, 26]. Wprowadzane do receptur nowe dodatki nie mogą generować wysokich strat masy pieczywa, ponieważ będą niechętnie stosowane przez piekarzy.

Tabela 5

Wyniki wydajności chleba, piekuni i straty piecowej całkowitej.  
Results of bread yield, oven loss, and total banking loss.

Próba Sample	Udział razówki owsianej Share rate of oat wholemeal [%]		Wydajność pieczywa Bread yield	Upiek Oven loss	Strata piecowa całkowita Total baking loss
	SAM	STH 6905			
1	0,0	0	134,18 ± 0,89	14,44 ± 0,60	16,13 ± 0,55
2	1,5		135,05 ± 0,28	13,59 ± 0,29	15,59 ± 0,17
3	3,0		135,62 ± 1,51	13,38 ± 0,47	15,24 ± 0,95
4	4,5		135,89 ± 0,22	13,21 ± 0,25	15,07 ± 0,14
5	6,0		136,04 ± 0,85	12,99 ± 0,11	14,97 ± 0,53
6	7,5		136,29 ± 0,93	12,70 ± 0,37	14,82 ± 0,58
7	9,0		136,66 ± 0,18	12,21 ± 1,42	14,59 ± 0,11
8	10,5		136,77 ± 0,36	11,68 ± 0,66	14,52 ± 0,23
9	12,0		137,38 ± 0,11	11,50 ± 0,12	14,14 ± 0,07
10	0	1,5	135,72 ± 0,88	13,11 ± 0,19	15,17 ± 0,55
11		3,0	135,79 ± 2,00	13,24 ± 0,65	15,13 ± 1,25
12		4,5	136,06 ± 0,82	12,89 ± 0,07	14,96 ± 0,52
13		6,0	136,41 ± 1,83	12,58 ± 1,66	14,75 ± 1,14
14		7,5	136,63 ± 0,24	12,50 ± 0,27	14,60 ± 0,15
15		9,0	136,97 ± 1,32	12,02 ± 0,82	14,39 ± 0,82
16		10,5	137,37 ± 0,32	11,57 ± 0,17	14,14 ± 0,20
17		12,0	137,58 ± 0,79	11,51 ± 0,15	14,01 ± 0,49

Wprowadzenie surowca owsianego, jako zamiennika mąki pszennej, przyczyniło się do zmiany jakości (ocena punktowa), właściwości fizycznych oraz składu chemicznego chleba. Wielkość zmian uzależniona była od procentowego udziału komponentu owsianego. Stwierdzono, że objętość, porowatość, wodochłonność (WAI), współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI) oraz cechy sensoryczne chleba były zależne od wielkości dodatku razówki owsianej.

Chleb wzorcowy oraz pszenno-owsiany poddano ocenie punktowej, przy zastosowaniu 9-punktowej skali ocen. Chleby charakteryzowały się korzystnymi cechami smakowo-zapachowymi, ich smak i zapach był w pełni akceptowany przez oceniających. Wysoko oceniona została również barwa, powierzchnia i grubość skórki oraz elastyczność i podatność miękiszu na krojenie, a także wygląd zewnętrzny. Przepr-

wadzona ocena punktowa pieczywa wykazała, że wprowadzenie komponentu owsianego powodowało obniżenie ogólnej liczby punktów. Najwyższą liczbę punktów (9 pkt) przyznano próbkom pieczywa pszennego. Pieczywo z udziałem komponentu wysokobłonnikowego SAM było oceniane nieznacznie wyżej (8,8 - 7,5 pkt) w porównaniu z próbami z dodatkiem razówki STH 6905 (8,4 - 7,3 pkt). Najniższe noty dotyczyły pieczywa z 12 % dodatkiem razówki owsianej (tab. 6). Kawka i wsp. [14] wykazali możliwość uzyskanie dobrej jakości pieczywa z 50 % dodatkiem surowca wysokobłonnikowego. Na uwagę należy mieć fakt, że autorzy stosowali otręby owsiane oraz prowadzili wypiek w odmienny sposób, co miało decydujący wpływ na uzyskany efekt końcowy.

Podstawowym kryterium oceny pieczywa dokonywanej przez konsumentów jest objętość pieczywa i porowatość miękiszu. Wzorcowe pieczywo pszenne uzyskiwało objętość na poziomie  $390 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ . Zwiększanie dodatku razówki owsianej powodowało zmniejszanie objętości 100 g pieczywa. W przypadku chlebów pszenno-owsianych wartości te były niższe w odniesieniu do standardowego pieczywa pszennego (tab. 6). Podobne tendencje wykazali także Kawka i wsp. [13], wprowadzając do pieczywa surowce jęczmienne oraz Czubaszek [3], stosując dodatek śruty owsianej. Decydując się na tego typu modyfikacje receptury pieczywa należy się więc liczyć ze zmniejszeniem objętości pieczywa.

Dodatek razówki owsianej wpływał także na porowatość miękiszu. Najlepszą porowatością, wynoszącą prawie 73 %, charakteryzował się chleb wzorcowy (tab. 6). Porowatością powyżej 60 % cechowały się także próby zawierające 1,5 - 10,5 % razówki odmiany SAM oraz 1,5 - 3 % rodu STH 6905. Porowatość poniżej 55 % wykazywało pieczywo z 9 - 12 % dodatkiem razówki STH 6905 (tab. 6). Uzyskane wyniki porównywalne są z wynikami innych prac badawczych [12, 14, 24]. Ogólnie sędzi się, że zmniejszenie objętości pieczywa i porowatości miękiszu powiązane jest także z obniżeniem oceny sensorycznej, wyglądu, jakości pieczywa oraz atrakcyjności konsumenckiej. Dane literaturowe nie zawsze potwierdzają tę zależność [3, 5, 14].

Ważną cechą fizyczną zarówno surowców, jak i pieczywa jest WAI. Wartości wodochłonności chleba pszenno-owsianego z 1,5 % dodatkiem razówki owsianej wahały się w granicy 367,8 - 369,7 % s.m., a przy 12 % dodatku 433,2 - 452,3 % s.m. Wynika z tego, że chleb zawierający największy (12 %) udział razówki owsianej charakteryzował się WAI wyższą średnio o 20 % w odniesieniu do chleba pszennego (tab. 7).

Tabela 6

Charakterystyka jakościowa chleba pszennego i z dodatkiem razówki owsianej.  
Quality profile of wheat bread and bread with oat wholemeal added.

Próba Sample	Udział razówki owsianej Share rate of oat wholemeal [%]		Ocena punktowa Pointwise evaluation	Objętość 100 g pieczywa Volume of 100 g of bread	Porowatość miękkiszu Crumb porosity
	SAM	STH 6905	[pkt] [points]	[cm <sup>3</sup> / 100 g]	[%]
1	0	0	9,0	390,0 ± 4,2	72,8 ± 2,1
2	1,5		8,8	369,5 ± 5,7	71,6 ± 2,7
3	3		8,6	359,1 ± 17,4	70,4 ± 3,7
4	4,5		8,3	336,9 ± 5,0	67,9 ± 2,1
5	6		8,1	321,3 ± 5,2	66,7 ± 4,4
6	7,5		8,0	316,1 ± 17,5	65,4 ± 2,1
7	9		7,8	287,0 ± 7,6	61,7 ± 4,4
8	10,5		7,7	254,4 ± 7,0	60,5 ± 2,1
9	12		7,5	218,6 ± 5,8	55,6 ± 2,1
10	0	1,5	8,4	270,8 ± 20,6	64,2 ± 5,2
11		3	8,1	282,6 ± 4,5	60,5 ± 2,1
12		4,5	8,0	250,6 ± 18,1	59,3 ± 2,6
13		6	7,7	245,5 ± 9,4	58,0 ± 2,1
14		7,5	7,6	241,2 ± 4,3	56,8 ± 2,6
15		9	7,5	238,9 ± 5,1	54,3 ± 2,1
16		10,5	7,4	234,9 ± 7,7	53,1 ± 5,2
17		12	7,3	229,6 ± 9,1	51,8 ± 2,1

Zastosowane surowce cechowały się bardzo niskimi wartościami współczynnika rozpuszczalności suchej masy. W mące pszennej typu 450 WSI wynosiło 4,31 % s.m., a w razówce owsianej zawierało się w dość wąskim zakresie 3,15 - 3,46 % s.m. (tab. 4). Surowce o tak niskich wartościach WSI pozwalały na pozyskiwanie chleba o niskiej rozpuszczalności suchej masy. Najmniejsze różnice wartości współczynnika rozpuszczalności suchej masy (WSI) w odniesieniu do chleba wzorcowego stwierdzono przy 1,5 % udziale komponentu owsianego, największe przy dodatku 12 % (tab. 7). Współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI) chleba pszenno-owsianego z dodatkiem komponentu SAM i STH 6905 zawierał się odpowiednio w zakresie 5,18 - 7,75 % s.m. i 7,00 - 8,53 % s.m. (tab. 7). Należy podkreślić, że wszystkie wartości WSI plasowały się na poziomie poniżej 9 % s.m., co świadczy o niskiej degradacji biopoli-

merów, małej intensywności procesu oraz podkreśla walory pieczywa prowadzonego w sposób tradycyjny. Spożywanie tego typu produktów wpływa pozytywnie na poposiłkową glikemię [4, 16]. Zbliżone wartości współczynnika rozpuszczalności suchej masy tradycyjnego pieczywa uzyskano także w innych pracach [12, 24]. Wartości WSI pieczywa tradycyjnego kontrastują z wynikami uzyskanymi w przypadku pieczywa chrupkiego otrzymywanego w wyniku termoplastycznej obróbki surowców, gdzie wartości WSI wynoszą ponad 46 % s.m. [23].

Tabela 7

Wyniki wodochłonności (WAI), współczynnika rozpuszczalności suchej masy (WSI) i wilgotności miękiszu chleba pszennego i z dodatkiem razówki owsianej.  
Results of water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), and moisture content of wheat bread and bread with oat wholemeal added.

Próba Sample	Udział razówki owsianej Share rate of oat wholemeal [%]		Wodochłonność Water absorption index	Współczynnik rozpuszczalności suchej masy Water solubility index	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%]
	SAM	STH 6905			
1	0	0	368,3 ± 6,0	4,84 ± 0,78	44,30 ± 0,61
2	1,5		369,7 ± 6,9	5,18 ± 0,62	44,66 ± 0,44
3	3,0		405,4 ± 26,7	5,75 ± 0,01	44,35 ± 0,57
4	4,5		415,7 ± 22,6	6,43 ± 0,07	44,23 ± 0,61
5	6,0		420,0 ± 10,9	6,59 ± 0,14	44,94 ± 0,43
6	7,5		428,6 ± 13,2	6,85 ± 0,16	44,23 ± 0,13
7	9,0		438,2 ± 7,3	7,24 ± 0,09	45,20 ± 0,20
8	10,5		441,7 ± 6,1	7,53 ± 0,03	45,35 ± 0,38
9	12,0		452,3 ± 4,1	7,75 ± 0,12	45,48 ± 0,18
10	0	1,5	367,8 ± 9,7	7,00 ± 0,21	44,40 ± 0,29
11		3,0	385,5 ± 11,6	7,18 ± 0,07	44,63 ± 0,57
12		4,5	394,0 ± 0,4	7,42 ± 0,40	44,35 ± 0,28
13		6,0	407,5 ± 8,7	7,81 ± 0,39	44,61 ± 0,32
14		7,5	414,3 ± 10,5	7,92 ± 0,07	44,53 ± 0,05
15		9,0	424,5 ± 11,4	8,03 ± 0,53	44,25 ± 0,03
16		10,5	426,2 ± 18,1	8,32 ± 0,32	45,51 ± 0,12
17		12,0	433,2 ± 5,5	8,53 ± 0,06	45,90 ± 0,26

Wilgotność świeżego miękiszu chleba pszennego oraz pszenno-owsianego zmieniła się nieznacznie w zakresie od 44,23 do 45,90 % (tab. 7). Zbliżone wartości wilgotności miękiszu chleba pszenno-owsianego (44,4 – 44,9 %) oraz pszennego (45,3 %) podawane są także w pracach Gambús i wsp. [6]. Kawka i wsp. [14] podają nieznacz-



nie wyższe wartości wilgotności (47,0 - 49,0 %), przy czym ciasto prowadzono przy użyciu zakwasów z otrąb owsianych fermentowanych starterami.

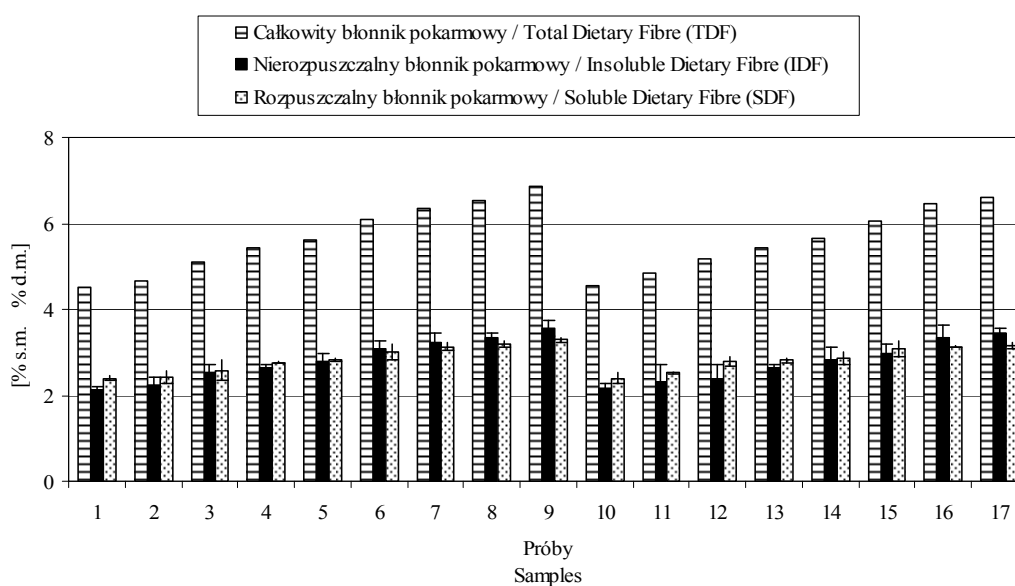
Dla wielu konsumentów szczególnie ważny jest skład chemiczny i wartość żywniowa pieczywa. Zastąpienie części mąki pszennej surowcem wysokobłonnikowym (razówka owsiana SAM i STH 6905) korzystnie wpływało na wzrost zawartości w pieczywie podstawowych składników, takich jak: składniki mineralne, białko, tłuszcz, ADF, ADL, CEL (tab. 8). Wprowadzenie do pieczywa 12 % razówki owsianej spowodowało wzrost zawartości związków mineralnych w postaci popiołu o 0,185 % s.m., białka o 1,11 % s.m., ADF o 0,652 % s.m., ADL o 0,19 % s.m., i CEL średnio o 0,47 % s.m. (tab. 8). Podobny kierunek zmian składu chemicznego pod wpływem razówki jęczmiennej podkreślają także Škrbić i wsp. [25].

Tabela 8

Charakterystyka składu chemicznego chleba pszennego i z dodatkiem razówki owsianej.  
Chemical composition of wheat bread and bread with oat wholemeal added.

Próba Sample	Udział razówki owsianej Share rate of oat wholemeal [%]		Popiół Ash	Białko Protein	Włókno detergentowe Detergent fibre		
	SAM	STH 6905			kwaśne acid ADF	lignina lignin ADL	celuloza cellulose CEL
					[% s.m. / d.m.]		
1	0	0	2,232 ± 0,001	12,60 ± 0,22	0,583 ± 0,087	0,14 ± 0,01	0,44
2	1,5		2,261 ± 0,006	12,84 ± 0,09	0,637 ± 0,081	0,16 ± 0,01	0,48
3	3,0		2,293 ± 0,003	13,04 ± 0,17	0,757 ± 0,021	0,18 ± 0,01	0,58
4	4,5		2,302 ± 0,001	13,21 ± 0,31	0,889 ± 0,143	0,19 ± 0,01	0,70
5	6,0		2,315 ± 0,005	13,37 ± 0,02	1,007 ± 0,072	0,23 ± 0,01	0,78
6	7,5		2,333 ± 0,010	13,52 ± 0,01	1,100 ± 0,087	0,26 ± 0,01	0,84
7	9,0		2,359 ± 0,011	13,61 ± 0,05	1,160 ± 0,008	0,30 ± 0,01	0,86
8	10,5		2,389 ± 0,014	13,70 ± 0,03	1,212 ± 0,084	0,32 ± 0,03	0,89
9	12,0		2,400 ± 0,012	13,92 ± 0,06	1,245 ± 0,086	0,34 ± 0,02	0,91
10	0	1,5	2,278 ± 0,041	12,80 ± 0,20	0,592 ± 0,033	0,15 ± 0,003	0,44
11		3,0	2,331 ± 0,010	12,90 ± 0,02	0,747 ± 0,044	0,17 ± 0,01	0,58
12		4,5	2,349 ± 0,006	13,02 ± 0,19	0,849 ± 0,039	0,19 ± 0,02	0,66
13		6,0	2,367 ± 0,008	13,18 ± 0,38	0,895 ± 0,081	0,21 ± 0,02	0,69
14		7,5	2,376 ± 0,006	13,21 ± 0,30	1,020 ± 0,097	0,25 ± 0,01	0,77
15		9,0	2,440 ± 0,004	13,27 ± 0,26	1,098 ± 0,010	0,28 ± 0,01	0,82
16		10,5	2,422 ± 0,018	13,34 ± 0,33	1,168 ± 0,020	0,30 ± 0,03	0,87
17		12,0	2,433 ± 0,003	13,50 ± 0,40	1,224 ± 0,017	0,32 ± 0,01	0,90

Szczególną rolę w żywności spełnia błonnik nierozpuszczalny zarówno w środowisku wodnym, jak i kwaśnym (ADF). Frakcja (ADF) charakteryzowała się zróżnicowanym składem, przy czym dominującym składnikiem ADF była celuloza. Zawartość celulozy (CEL) w chlebie pszenno-owsianym kształtowała się na poziomie 0,44 - 0,91 % s.m., natomiast ligniny ADL w ilości 0,15 - 0,34 % s.m. (tab. 8).



Rys. 1. Zawartość błonnika pokarmowego całkowitego (TDF), nierozpuszczalnego (IDF) i rozpuszczalnego (SDF) w chlebie. Na wykresie:  $\bar{X} \pm SD$ .

Fig. 1. Content of dietary fibre: total (TDF), insoluble (IDF), and soluble (SDF) in bread. In the diagram:  $\bar{X} \pm SD$ .

Wobec narastających chorób cywilizacyjnych błonnik pokarmowy jest szczególnym składnikiem żywności. Każda modyfikacja technologii, zmiana receptury skutkująca wprowadzaniem do żywności błonnika pokarmowego o zbilansowanym składzie frakcyjnym staje się szczególnie cennym elementem profilaktyki. Wprowadzenie do receptury razówki owsianej pozwoliło na wyraźną poprawę składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. Zawartość całkowitego błonnika pokarmowego (TDF), rozpuszczalnego (SDF) oraz nierozpuszczalnego (IDF) była większa w każdej próbie chleba z udziałem razówki owsianej, w porównaniu z pieczywem wzorcowym i wzrastała wraz ze wzrostem udziału komponentu wysokobłonnikowego. Istotny okazał się także właściwy dobór odmiany owsa. Chleb z dodatkiem razówki owsianej odmiany SAM wykazywał większą zawartość poszczególnych frakcji błonnika w porównaniu z chlebem z razówką odmiany STH 6905 (rys. 1). Modyfikacja receptury pozwoliła na zna-

czące zwiększenie udziału błonnika rozpuszczalnego SDF. Wartości SDF przekraczały nawet 50 % w suchej masie całkowitego błonnika pokarmowego (TDF). Zdecydowanie lepszym źródłem błonnika SDF okazała się odmiana SAM. Należy podkreślić, że chleby z udziałem razówki owsianej SAM zostały wyżej ocenione w ocenie punktowej, charakteryzowały się korzystniejszymi właściwościami fizycznymi, takimi jak objętość pieczywa i porowatość miększu.

### Wnioski

1. Zastosowana w badaniach razówka owsiana okazała się dobrym komponentem do wypieku pieczywa. Chleby pszenno-owsiane charakteryzowały się lekko wilgotnym miększem, o kremowej barwie, a ich smak i zapach był zbliżony do pieczywa pszenne.
2. Wzrost udziału razówki owsianej skutkowało zmniejszeniem upieku, straty piecовой całkowitej, oceny punktowej, objętości chleba i porowatości miększu.
3. Wyższą oceną punktową, objętością 100 g chleba i porowatością miększu charakteryzowało się pieczywo z dodatkiem razówki odmiany SAM w porównaniu z chlebem zawierającym STH 6905.
4. Wszystkie analizowane rodzaje chleba odznaczały się bardzo niskimi wartościami WSI, nie przekraczającymi 9 % s.m.
5. W chlebie pszenno-owsianym udział błonnika rozpuszczalnego (SDF) w błonniku całkowitym (TDF) kształtował się na poziomie zbliżonym do 50 %.
6. Wprowadzenie do receptury 12 % razówki owsianej zwiększało zawartość białka w chlebie do 13,92 % s.m.
7. Chleb z dodatkiem 12 % razówki owsianej zawierał 7,04 % błonnika TDF w s.m., w porównaniu z 4,52 % w s.m. pszenne chleba wzorcowego.
8. Decydując się na stosowanie komponentów owsianych w piekarnictwie należy dobrać odmiany adekwatnie do oczekiwanych cech pieczywa.

### Literatura

- [1] AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, American of Cereal Chemists, St, Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [2] Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M.: Ziarno owsa – niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. Biul. IHAR, 2000, **215**, 209-221.
- [3] Czubaszek A.: Ocena właściwości reologicznych ciasta i jakości chleba pszenne z dodatkiem śruty owsianej. Biul. IHAR, 2006, **239**, 247-258.
- [4] Flood A., Peters U., Jenkins D.J.A., Chatterjee N., Subar A.F., Church T.R., Bresalier R., Weissfeld J.L., Hayes R.B., Schatzkin A.: Carbohydrate, glycemic index, and glycemic load and colorectal adenomas in the Prostate, Lung, Colorectal, and Ovarian Screening Study. Am. J. Clinical Nutr., 2006, **84**, 1184-1192.

- [5] Gambuś H., Gibiński M.: Wpływ dodatku skrobi owsianej na jakość i starzenie się pieczywa pszennego. *Biul. IHAR*, 2003, **229**, 291-299.
- [6] Gambuś H., Pisulewska E., Gambuś F.: Zastosowanie produktów przemiału owsa nieoplewionego do wypieku chleba. *Biul. IHAR*, 2003, **229**, 283-290.
- [7] Gibiński M., Gumul D., Korus J.: Prozdrowotne właściwości owsa i produktów owsianych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **4 (45)**, Supl., 49-60.
- [8] Jakubczyk T., Haber T.: *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW, Warszawa 1981.
- [9] Kahlon T.S., Woodruff C.L.: *In vitro* binding of bile acids by rice bran, oat bran, barley and  $\beta$ -glucan enriched barley. *Cereal Chem.*, 2003, **3 (80)**, 260-263.
- [10] Karmally W., Montez M.G., Palmas W., Martinez W., Branstetter A., Rajasekhar R., Holleran S.F., Haffner S.M., Ginsberg H.N.: Cholesterol-lowering benefits of oat-containing cereal in Hispanic Americans. *J. Am. Diet. Ass.*, 2005, **105**, 967-970.
- [11] Karolini-Skaradzińska Z., Subda H., Czubaszek A.: Wpływ dodatku mąki jęczmiennej na właściwości ciasta i pieczywa uzyskanego z mąki pszenicy jarych i ozimych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **2 (47)**, 124-132.
- [12] Kasprzak M., Rzedzicki Z.: Effect of pea seed coat admixture on physical properties and chemical composition of bread. *Int. Agrophysics*, 2010, **2 (24)**, 149-156.
- [13] Kawka A., Górecka D., Gašiorowski H.: The effects commercial barley flakes on dough characteristics and bread composition. *EJPAU. Food Sci. Technol.*, 1999, **2**, 1-8.
- [14] Kawka A., Górecka D., Budna A., Duda P.: Jakość pieczywa pszenno-owsianego otrzymanego na zakwasach owsianych fermentowanych kulturami starterowymi. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2008, **3 (XLI)**, 604-609.
- [15] Korus J., Achremowicz B.: Zastosowanie preparatów błonnikowych różnego pochodzenia jako dodatków do wypieku chlebów bezglutenowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **1 (38)**, 65-73.
- [16] Levitan E.B., Mittleman M.A., Wolk A.: Dietary glycaemic index, dietary glycaemic load and incidence of myocardial infarction in women. *Br. J. Nutr.*, 2010, **103**, 1049-1055.
- [17] Onning G., Wallmark A., Person M., Akesson B., Elmstahl S., Öste R., Luddquist I.: Consumption of oat milk for 5 weeks lowers serum cholesterol and LDL cholesterol in free-living men with moderate hypercholesterolemia. *Ann. Nutr. Metabolism*, 1999, **5 (43)**, 301-309.
- [18] PN-77/A-74041. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe - oznaczenie ilości i jakości glutenu.
- [19] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [20] PN-ISO 3093:1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- [21] *Rocznik Statystyczny*. GUS, Warszawa 2009.
- [22] Rzedzicki Z., Mysza A., Kasprzak M.: Badania nad metodą oznaczania współczynnika rozpuszczalności suchej masy. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, **1 (59)**, 323-328.
- [23] Rzedzicki Z., Sykut-Domańska E., Strychalski P.: Charakterystyka składu chemicznego wybranych sortymentów pieczywa chrupkiego. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2008, **3 (XLI)**, 610-615.
- [24] Rzedzicki Z., Kasprzak M.: Badania składu chemicznego wybranych sortymentów pieczywa ciemnego. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, **3 (XLII)**, 277-281.
- [25] Škrbič B., Milovac S., Dejan D., Filipčev B.: Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties. *Food Chem.*, 2009, **115**, 982-988.
- [26] Subda H., Jarosławska A., Unton A., Karolini-Skaradzińska Z.: Ocena wpływu wybranych cech chemicznych pszenicy ozimej na jakość ciasta i chleba. *Biul. IHAR*, 2002, **223/224**, 111-120.
- [27] Sykut-Domańska E.: Badanie wartości technologicznej dostępnych odmian i rodów owsa nagonasiennego i oplewionego (*Avena nuda*, *Avena sativa*) na cele spożywcze. Praca doktorska, UP, Lublin 2009.

- [28] Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D., Szpunar-Krok E., Buczek J.: Ocena wartości gospodarczej odmian owsa nagoziarnistego uprawianych w rejonie Podkarpacia. *Biul. IHAR*, 2007, **244**, 183-190.
- [29] van Soest P.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I: Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. Offic. Agric. Chem.*, 1963, **5 (46)**, 825-829.
- [30] van Soest P.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II: A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Offic. Agric. Chem.*, 1963, **5 (46)**, 829-835.

### EFFECT OF OAT WHOLEMEAL ADDED ON QUALITY PROFILE OF WHEAT BREAD

#### Summary

The objective of the study was to determine the effect of oat wholemeal component (SAM & STH 6905 oats cultivars) on the course of technological processes of wheat bread making & baking (yield of dough, yield of bread, oven loss, and total baking loss); on the physical properties of bread (volume of 100 g of bread, crumb porosity, WAI value, and WSI value); on the sensory parameters and chemical composition of bread (moisture, content of mineral compounds in the form of ash, protein, acid detergent fibre (ADF), acid detergent lignin (ADL), cellulose (CEL), insoluble (IDF) fibre, soluble (SDF) fibre, and total dietary fibre (TDF)). The study showed that the max 12% addition of oat wholemeal may be a very good protein carrier of protein and dietary fibre in the traditional white wheat bread. The wheat & oat bread baked was characterized by very low values of water solubility index (WSI) of dry matter (4.84 - 8.53 % d.m.), and high contents of protein and dietary fibre.

**Key words:** bread, oat wholemeal, dietary fibre ☒

ELŻBIETA DŁUŻEWSKA, ANNA FLOROWSKA, EWELINA JASIORSKA

## WPLYW RODZAJU NOŚNIKA NA STABILNOŚĆ $\beta$ -KAROTENU MIKROKAPSULKOWANEGO METODĄ SUSZENIA ROZPYŁOWEGO

### Streszczenie

#### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju i ilości nośnika na stabilność  $\beta$ -karotenu mikrokapsulkowanego metodą suszenia rozpyłowego. Materiałami ścian mikrokapsulek (nośnikami) były: guma arabska oraz skrobia modyfikowana (E 1450). Nośnik dodawano w ilości od 15 do 30 %, a barwnik – 5 % w stosunku do masy emulsji. Emulsje barwnika z roztworami nośnika otrzymywano przy użyciu homogenizatora ciśnieniowego, stosując homogenizację dwustopniową. Oznaczano rozkład wielkości cząstek emulsji, całkowitą zawartość  $\beta$ -karotenu w mikrokapsułkach oraz na ich powierzchni, jak również barwę napojów otrzymanych z dodatkiem mikrokapsulkowanego  $\beta$ -karotenu. Badania prowadzono 2 miesiące. Stwierdzono, że zarówno guma arabska, jak i skrobia modyfikowana (E 1450) stanowią dobry materiał ścian mikrokapsulek zawierających  $\beta$ -karoten. Analiza rozkładu wielkości cząstek fazy zdyspergowanej emulsji wykazała, że emulsje z dodatkiem 25 % gumy arabskiej były lepiej zdyspergowane. Większą efektywnością mikrokapsulkowania i większą retencją barwnika w czasie przechowywania mikrokapsulek charakteryzowały się próbki z dodatkiem gumy arabskiej. Zwiększenie stężenia nośnika, w przypadku gumy arabskiej, powodowało zwiększenie retencji barwnika. W przypadku skrobi modyfikowanej stwierdzono odwrotną zależność.

**Słowa kluczowe:**  $\beta$ -karoten, mikrokapsulkowanie, skrobia modyfikowana, guma arabska

### Wprowadzenie

Karotenoidy są ważnymi składnikami żywności ze względu na ich właściwości prozdrowotne i zdolność barwienia.  $\beta$ -karoten nadaje żywności barwę pomarańczowo-czerwoną, wykazuje aktywność prowitaminy A i ma właściwości przeciwutleniające. W czasie procesów technologicznych, jak również przechowywania,  $\beta$ -karoten może

---

*Dr inż. E. Dłużewska, dr inż. A. Florowska, mgr inż. E. Jasiorska, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa*

ulegać izomeryzacji oraz degradacji. Intensywność barwy izomerów *cis*  $\beta$ -karotenu jest mniejsza niż izomerów *all-trans*. W wyniku procesu utleniania, którego szybkość zależy od temperatury, światła, dostępu tlenu i aktywności wody,  $\beta$ -karoten traci aktywność prowitaminy A, następuje osłabienie lub nawet zanik barwy, jak również może pojawić się obcy zapach charakterystyczny dla niskocząsteczkowych produktów degradacji barwnika [4, 5, 12, 14].

Mikrokapsułkowanie jest procesem, który polega na tworzeniu otoczki wokół cząstek określonego związku w taki sposób, aby zawartość uwalniała się w sposób kontrolowany, w określonych warunkach. Korzyściami wynikającymi z zamknięcia barwników w mikrokapsułkach są m.in.: znaczne przedłużenie ich trwałości, łatwiejsze dozowanie oraz poprawa ich rozpuszczalności [8, 9, 20].

Szeroko stosowaną metodą mikrokapsułkowania jest suszenie rozpyłowe. Mikrokapsułkowanie metodą suszenia rozpyłowego polega na emulgowaniu substancji aktywnej w roztworze substancji powlekającej i rozpyleniu powstałej dyspersji w gorącej komorze suszarki rozpyłowej. W wyniku gwałtownego odparowania wody, wokół cząstek rdzenia tworzą się otoczki z materiału powlekającego [6, 16]. Od materiałów ścian mikrokapsułek, stosowanych w suszeniu rozpyłowym, oczekuje się dobrej rozpuszczalności w wodzie, tworzenia roztworów o małej lepkości, dobrych właściwości emulgujących, zdolności formowania filmu i wysokiej barierowości zarówno w stosunku do substancji lotnych, jak i tlenu. Nieodpowiednio dobrany materiał otoczek może powodować m.in. duże straty substancji mikrokapsułkowanej, a także słabo chronić rdzeń mikrokapsułki przed utlenianiem [7].

W ostatnich latach ukazało się wiele prac na temat mikrokapsułkowania barwników. Beatu i wsp. [2], badając przydatność maltodekstryny 15 DE, gumy arabskiej, żelatyny i kazeinianu sodu w procesie mikrokapsułkowania oleożywicy z papryki, wykazali, że maltodekstryny najlepiej chroniły karotenoidy papryki przed utlenianiem. Z kolei Wagner i Warthesen [20] udowodnili, że stabilność  $\alpha$ - i  $\beta$ -karotenu w suszonym rozpyłowo proszku z marchwi była uzależniona od równoważnika glukozowego maltodekstryn zastosowanych jako nośnik, jak również od ich stężenia w suszonej emulsji. Barbosa i wsp. [1] stwierdzili, że annato mikrokapsułkowane metodą suszenia rozpyłowego w otoczkach z gumy arabskiej i sacharozy było 10-krotnie bardziej odporne na fotodegradację niż barwnik nie zamknięty w mikrokapsułkach. Shu i wsp. [21] wykazali, że dobrą ochronę likopenu stanowią mikrokapsułki zbudowane z żelatyny i sacharozy. W cytowanych pracach wykazano, że mikrokapsułkowane karotenoidy charakteryzowały się większą stabilnością niż ich roztwory, a wzrost stabilności uzależniony był od fizycznych i chemicznych właściwości materiału ścian mikrokapsułek [1, 2, 13, 18, 19].

Skrobia stosowana w procesie mikrokapsułkowania jest otrzymywana w wyniku modyfikacji polegającej na wprowadzeniu do bocznych jej łańcuchów grup hydrofo-

bowych w reakcji z bezwodnikiem kwasu 1-oktenylo-bursztynowego. Tak modyfikowana skrobia jest bardzo dobrze rozpuszczalna w zimnej wodzie, ma dobre właściwości emulgujące, ale nie zapewnia całkowitej ochrony przed utlenianiem  $\beta$ -karotenu [11].

Guma arabska pozyskiwana z pni i gałęzi drzew *Acacia senegal* i *Acacia seyal* jest hydrokoloideem charakteryzującym się dobrą rozpuszczalnością w wodzie, tworzeniem roztworów o małej lepkości, bardzo dobrymi właściwościami emulgującymi [10].

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju oraz stężenia nośnika na efektywność mikrokapsułkowania oraz stabilność mikrokapsułkowanego  $\beta$ -karotenu w czasie przechowywania.

### **Materialy i metody badań**

Do badań użyto preparatu handlowego  $\beta$ -karotenu rozpuszczalnego w oleju. Jako materiał ścian mikrokapsulek zastosowano: gumę arabską Valcoat WM 960, firmy Valmar oraz skrobię modyfikowaną Purity Gum 2000 (E 1450), firmy National Starch & Chemical.

Mikrokapsułki otrzymywano przez dyspergowanie nośników przez 30 min (800 obr./min), przy użyciu mieszadła laboratoryjnego typu RW 20 DZW firmy Janke&Kunkle, w wodzie destylowanej o temp. 20 °C (skrobia modyfikowana) lub 40 °C (guma arabska). Fazę wodną pozostawiano na 24 h w celu uwodnienia nośnika. Pre-emulsje sporządzano mieszając fazę wodną i olejową (preparat barwnika) przez 10 min mieszadłem laboratoryjnym przy prędkości 1700 obr./min. Emulsje otrzymywano stosując homogenizację dwustopniową przy użyciu homogenizatora typu APV 1000, firmy APV. W pierwszym stopniu homogenizacji stosowano ciśnienie 55 MPa, w drugim – 18 MPa.

Skład recepturowy emulsji: nośnik (guma arabska i skrobia modyfikowana) – 15, 20, 25, 30 %, preparat barwnika – 5 %, woda destylowana do 100 %.

Bezpośrednio po homogenizacji emulsję podgrzewano do temperatury 50 °C i rozpylano w komorze suszarki rozpyłowej typu A/S Niro Atomizer. Temperatura powietrza wlotowego wynosiła  $180 \pm 5$  °C, a wylotowego  $90 \pm 5$  °C.

Mikrokapsułkowany  $\beta$ -karoten przechowywano w szczelnie zamkniętych szklanych słoiczkach, w temp.  $20 \pm 2$  °C, w świetle dziennym, przez 2 miesiące.

Średnią wielkość cząstek i rozkład wielkości cząstek fazy zdyspergowanej emulsji oznaczano metodą dyfrakcji laserowej w zakresie 0,05 - 1000  $\mu$ m, przy użyciu aparatu Malvern Mastersizer (Malvern Instruments Ltd., Malvern, UK), wyposażonego w He-Ne laser ( $\lambda = 633$  nm). Do wyliczenia wielkości cząstek fazy zdyspergowanej zastosowano współczynnik refrakcji cząstek emulsji wynoszący 1,4564 i medium dyspersyjnego 1,330. Pomiaru wykonywano następnego dnia po otrzymaniu emulsji.



Próbki emulsji rozcieńczano wodą destylowaną w stosunku 1 do 200. Średnią wielkość cząstek scharakteryzowano średnią średnicą odniesioną do objętości (ang. *the volume-weighted mean diameter*)  $D_{[4,3]}$ , która została określona jako:

$$D_{[4,3]} = \frac{\sum_i n_i d_i^4}{\sum_i n_i d_i^3} \quad (1)$$

gdzie:  $n_i$  jest liczbą cząstek o średnicy  $d_i$ .

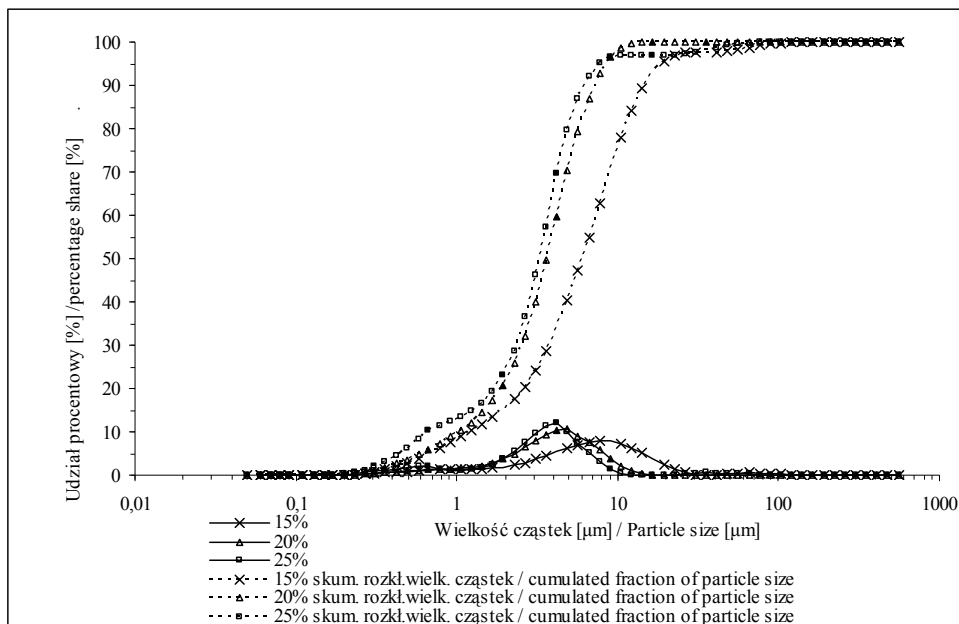
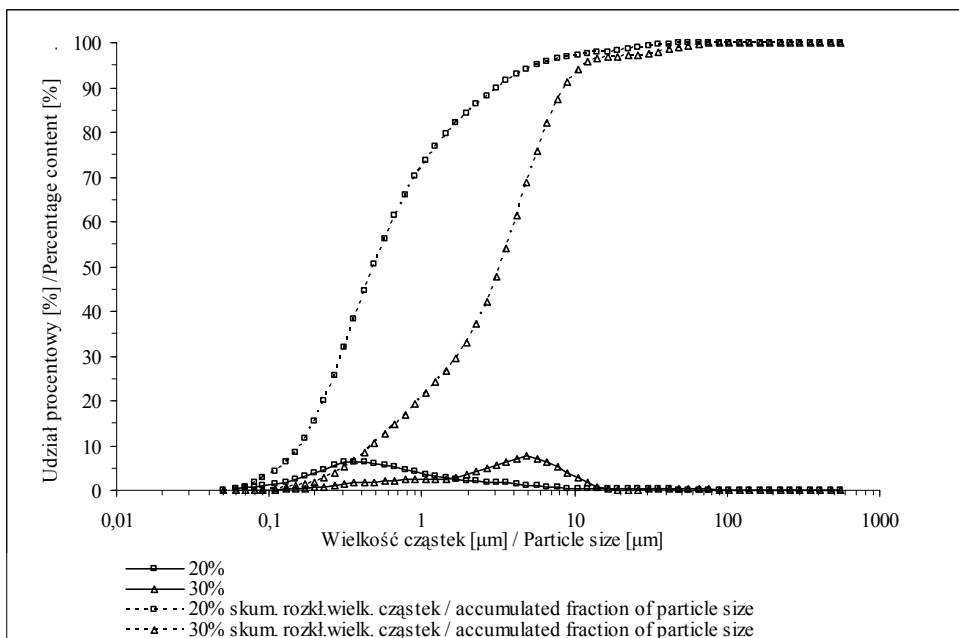
Ekstrakcję  $\beta$ -karotenu z mikrokapsulek oraz z ich powierzchni prowadzono metodą Wagnera i Wartehesena [22]. Całkowitą zawartość  $\beta$ -karotenu oznaczano po rozpuszczeniu mikrokapsulek w wodzie i ekstrakcji acetonem, a następnie heksanem, natomiast w przypadku oznaczenia  $\beta$ -karotenu na powierzchni mikrokapsulek barwnik ekstrahowano bez rozpuszczania mikrokapsulek w wodzie. Zawartość  $\beta$ -karotenu oznaczano zgodnie z PN-90 A-75101/12 [15]. Pomiary absorbancji wykonywano przy długości fali 450 nm, przy użyciu spektrofotometru Helios  $\beta$ -Thermo Spectronic.

Rozpuszczając 0,3 g lub 0,5 g mikrokapsulek w 100 ml wody destylowanej otrzymywano modelowe napoje, na których wykonywano pomiary absorbancji przy długości fali 450 nm w spektrofotometrze typu Cm 3600d, firmy Konica Minolta w odniesieniu do wody destylowanej. Jako wyniki pomiarów uzyskiwano wartości współczynnika jasności ( $L^*$ ) oraz współrzędnych chromatyczności ( $a^*$  i  $b^*$ ).

## Wyniki i dyskusja

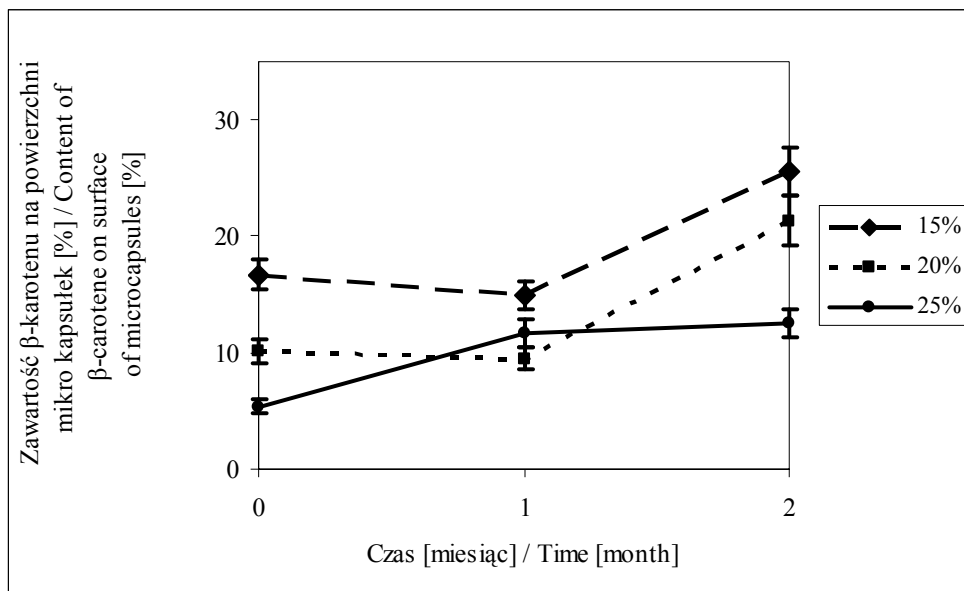
Rozkład wielkości cząstek fazy zdyspergowanej i ich wielkość ma istotny wpływ na stabilność emulsji. Z kolei stabilność emulsji, suszonych w procesie mikrokapsułkowania, ma wpływ na retencję mikrokapsułkowanych składników [17].

Na rys. 1. i 2. przedstawiono rozkład wielkości cząstek emulsji  $\beta$ -karotenu. Najlepiej zdyspergowaną próbką, wśród emulsji z dodatkiem gumy arabskiej, okazała się emulsja zawierająca 25 % gumy arabskiej, mająca zakres wielkości cząstek od 0,09  $\mu\text{m}$  do 88,91  $\mu\text{m}$ . Kuleczki olejowe o średnicach mniejszych niż 4  $\mu\text{m}$  stanowiły 90 % cząstek tej próbki (rys. 1). Zastosowanie mniejszego dodatku gumy spowodowało rozszerzenie rozkładu wielkości. Analizując skumulowany rozkład wielkości cząstek emulsji z 20 % dodatkiem gumy zaobserwowano, że 97 % kuleczek miało średnice poniżej 5  $\mu\text{m}$ , a w przypadku emulsji z 15 % dodatkiem gumy ponad 95 % kuleczek olejowych miało średnice mniejsze niż 10  $\mu\text{m}$ . Pod względem średniej wielkości cząstek emulsje z 20 i 25 % dodatkiem gumy nie różniły się istotnie. W emulsjach z 20 % dodatkiem gumy arabskiej średnica  $D_{[4,3]}$  wynosiła 4,29  $\mu\text{m}$ , natomiast średnica  $D_{[4,3]}$  w emulsjach z 25 % dodatkiem gumy osiągnęła wartość 4,45  $\mu\text{m}$ . Największą średnicą  $D_{[4,3]}$  charakteryzowała się emulsja zawierająca 15 % gumy arabskiej (8,35  $\mu\text{m}$ ).

Rys. 1. Rozkład wielkości cząstek emulsji  $\beta$ -karotenu – nośnik guma arabska.Fig. 1. Particle size distribution of  $\beta$ -carotene emulsions – carrier: Arabic gum.Rys. 2. Rozkład wielkości cząstek emulsji  $\beta$ -karotenu – nośnik skrobia modyfikowana.Fig. 2. Particle size distribution of  $\beta$ -carotene emulsions – carrier: modified starch.

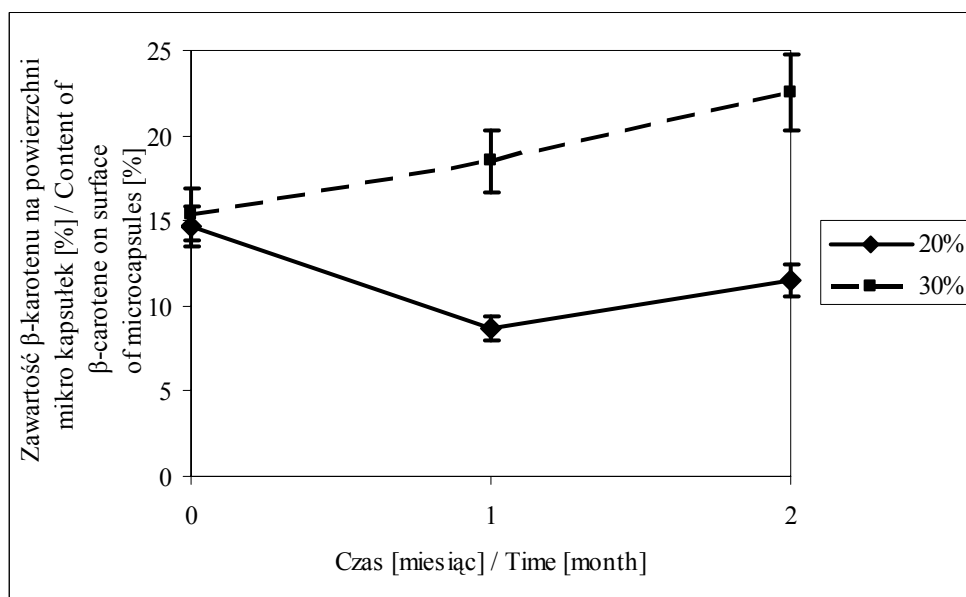
Analizując rozkład wielkości cząstek fazy zdyspergowanej emulsji z dodatkiem skrobi modyfikowanej można zauważyć odwrotną zależność niż w przypadku gumy arabskiej. Emulsja z 20 % dodatkiem skrobi była lepiej zdyspergowana, miała wąski rozkład wielkości cząstek (od 0,6  $\mu\text{m}$  do 65,51  $\mu\text{m}$ ). Zwiększenie dodatku emulgatora do 30 % spowodowało rozszerzenie rozkładu wielkości cząstek (od 0,06  $\mu\text{m}$  do 88,91  $\mu\text{m}$ ). W emulsji z 20 % dodatkiem skrobi ponad 90 % kuleczek olejowych miało średnicę poniżej 3  $\mu\text{m}$ , natomiast w emulsji z 30 % dodatkiem 85 % cząstek miało średnice mniejsze niż 5  $\mu\text{m}$ . W wyniku zwiększenia stężenia emulgatora nastąpiło zwiększenie średniej wielkości cząstek. W emulsji z 20 % dodatkiem skrobi średnica  $D_{[4,3]}$  wynosiła 1,65  $\mu\text{m}$ , natomiast w emulsji zawierającej 30 % skrobi – 4,91  $\mu\text{m}$ . Tak więc najlepiej zdyspergowanymi emulsjami były próbki zawierające 25 % gumy arabskiej lub 20 % skrobi modyfikowanej i stąd powinny charakteryzować się największą retencją  $\beta$ -karotenu.

Na rys. 3. i 4. przedstawiono zmiany stężenia  $\beta$ -karotenu na powierzchni mikrokapsulek w czasie przechowywania. Mniejsze stężenie barwnika na powierzchni mikrokapsulek świadczy o lepszej efektywności procesu mikrokapsułkowania. Bezpośrednio po mikrokapsułkowaniu najmniejsze stężenie  $\beta$ -karotenu (5,4 %) stwierdzono w próbce mikrokapsułkowanego  $\beta$ -karotenu otrzymanej z emulsji zawierającej 25 % gumy arabskiej, prawie dwukrotnie większe (10,1 %) oznaczono w próbce otrzymanej z emulsji zawierającej 20 % gumy. Próbkę mikrokapsulek zawierających skrobię modyfikowaną charakteryzowały się większym stężeniem  $\beta$ -karotenu na powierzchni niż próbki zawierające gumę arabską, niezależnie od zawartości skrobi w emulsji. Stężenie barwnika wynosiło 15,4 % przy 30 % dodatku skrobi i 14,7 % przy 20 % dodatku skrobi. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że zastosowanie gumy arabskiej umożliwia osiągnięcie większej efektywności procesu mikrokapsułkowania niż zastosowanie skrobi modyfikowanej. W czasie przechowywania zawartość  $\beta$ -karotenu na powierzchni mikrokapsulek zwiększała się niezależnie od rodzaju i ilości zastosowanego nośnika. Spowodowane to mogło być pękaniem ścianek mikrokapsulek, co prowadziło do przedostawania się barwnika na ich powierzchnię. W przypadku próbki otrzymanej z emulsji zawierającej 20 % skrobi spadek stężenia barwnika w pierwszym miesiącu przechowywania mógł być spowodowany większym tempem utleniania  $\beta$ -karotenu niż pękania mikrokapsulek (rys. 4).



Rys. 3. Zawartość  $\beta$ -karotenu na powierzchni mikroksapsulek – nośnik guma arabska.

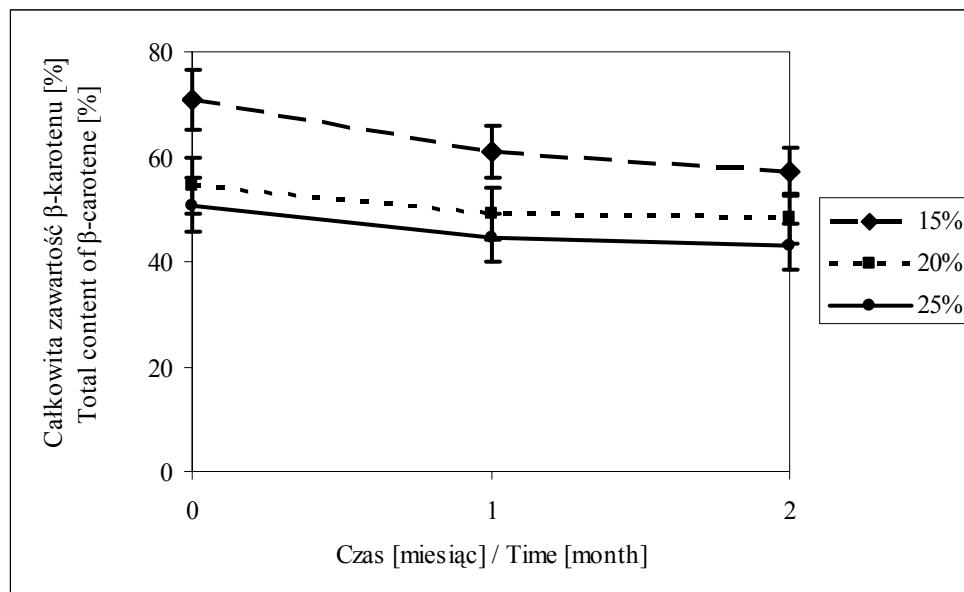
Fig. 3. Content of  $\beta$ -carotene on the surface of microcapsules – carrier: Arabic gum.



Rys. 4. Zawartość  $\beta$ -karotenu na powierzchni mikroksapsulek – nośnik skrobia modyfikowana.

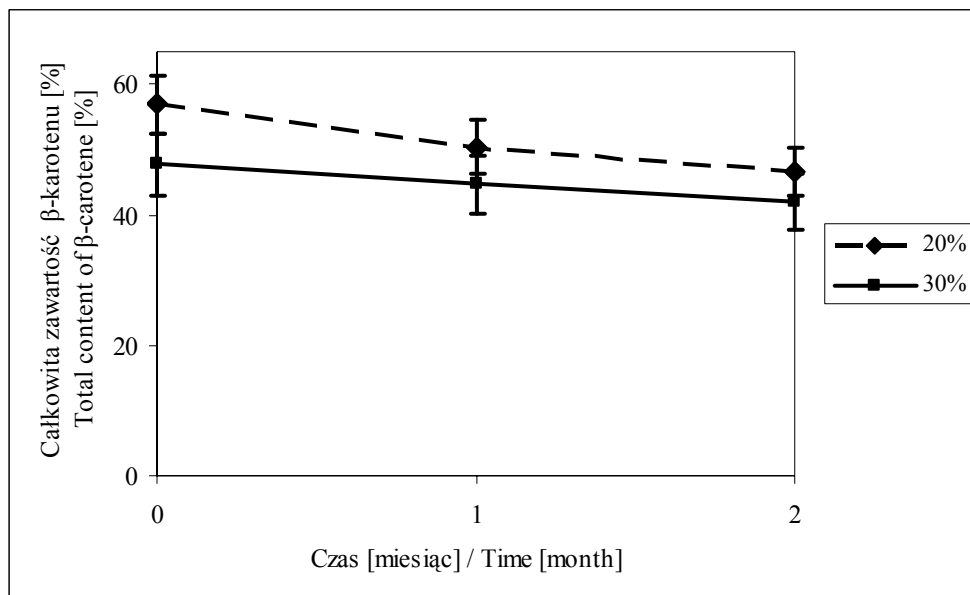
Fig. 4. Content of  $\beta$ -carotene on the surface of microcapsules – carrier: modified starch.

Całkowita zawartość  $\beta$ -karotenu w mikrokapsułkach zależała zarówno od rodzaju, jak i stężenia nośnika (rys. 5 i 6). W przypadku mikrokapsułek zawierających gumę arabską największą całkowitą zawartość  $\beta$ -karotenu, bezpośrednio po mikrokapsułkowaniu, oznaczono w próbce otrzymanej z emulsji zawierającej 15 % gumy (70,9 %), jednak spadek zawartości barwnika był w tej próbce większy niż w przypadku próbki otrzymanej z emulsji zawierającej 20 % i 25 % gumy arabskiej. Tak więc mikrokapsułki otrzymane z emulsji zawierającej więcej gumy charakteryzowały się jednocześnie większą retencją  $\beta$ -karotenu w ciągu 2-miesięcznego przechowywania. Uzyskane wyniki są zgodne z danymi literaturowymi. Buffo i Reineccius [3] stwierdzili, że im więcej jest gumy arabskiej w suszonych rozpyłowo emulsjach, tym większa jest retencja mikrokapsułkowanej substancji. Dalsza analiza danych przedstawionych na rys. 5. i 6. pozwala na stwierdzenie, że tempo zmniejszania się zawartości  $\beta$ -karotenu w mikrokapsułkach zawierających skrobię modyfikowaną było większe w porównaniu ze zmianą stężenia barwnika w mikrokapsułkach zawierających gumę arabską. Można zatem wnioskować, że retencja  $\beta$ -karotenu jest zależna od rodzaju nośnika i większa w przypadku zastosowania gumy arabskiej niż w przypadku użycia skrobi modyfikowanej.



Rys. 5. Całkowita zawartość  $\beta$ -karotenu – nośnik guma arabska.

Fig. 5. Total content of  $\beta$ -carotene – carrier: Arabic gum.



Rys. 6. Całkowita zawartość  $\beta$ -karotenu – nośnik skrobia modyfikowana.

Fig. 6. Total content of  $\beta$ -carotene – carrier: modified starch.

Wyniki pomiarów barwy modelowych napojów przedstawiono w tab. 1. Niezależnie od stężenia barwnika w napoju, we wszystkich analizowanych próbkach obserwowano zwiększenie jasności oraz zmniejszenie nasycenia barwy czerwonej, co wskazuje na przebieg procesów degradacji lub izomeryzacji mikrokapsułkowanego  $\beta$ -karotenu. Należy jednak podkreślić, że część barwnika nie była zamknięta w mikrokapsułkach, znajdowała się na ich powierzchni i niewątpliwie ta część barwnika ulegała szybkiemu utlenianiu w czasie przechowywania. Analizując zmiany parametrów barwy napojów zawierających mikrokapsułki zbudowane z gumy arabskiej stwierdzono, że największy wzrost jasności napojów (o około 2,8 jednostki) i największy spadek nasycenia barwy czerwonej (o około 0,55 jednostki) miał miejsce, gdy gumę arabską zastosowano w stężeniu 15 %. Stosując gumę arabską w stężeniu 25 % uzyskano wzrost jasności o około 2,3 jednostki i zmniejszenie nasycenia barwy czerwonej o około 0,35 jednostek. Porównując parametry barwy napojów zawierających mikrokapsułki zbudowane ze skrobi i gumy arabskiej wykazano, że wzrost jasności napoju (o około 2,4 jednostki) i zmniejszenie natężenia barwy (o około 0,44 jednostki) był większy w przypadku napojów zawierających mikrokapsułki otrzymane z emulsji zawierających 20 % skrobi niż w przypadku napojów zawierających mikrokapsułki z gumy arabskiej (stężenie w emulsji 25 %). Wyniki pomiarów parametrów barwy modelowych napojów potwierdziły wnioski sformułowane na podstawie oznaczenia retencji  $\beta$ -karotenu w mikrokapsułkach (rys. 5 i 6).

Tabela 1

Wpływ rodzaju i stężenia nośnika na barwę napojów z dodatkiem mikrokapsułkowanego  $\beta$ -karotenu.  
Effect of type and concentration of carrier on colour of beverages microencapsulated  $\beta$ -carotene added.

Stężenie $\beta$ -karotenu w napoju Concentration of $\beta$ -carotene	Jasność (L*) / Lightness (L*)			Nasylenie barwy czerwonej (a*) Intensity of red colour (a*)		
	bezpośrednio po otrzymaniu direct after preparation	po 1 miesiącu przechow. after 1 month of storage	po 2 miesiącach przechow. after 2 months of storage	bezpośrednio po otrzymaniu direct after preparation	po 1 miesiącu przechow. after 1 month of storage	po 2 miesiącach przechow. after 2 months of storage
15 % gumy arabskiej / 15 % of Arabic gum						
0,3 %	85,30	86,67	88,12	2,65	2,39	2,12
0,5 %	76,49	77,83	79,25	5,55	5,28	4,99
20 % gumy arabskiej / 20 % of Arabic gum						
0,3 %	80,35	81,55	82,96	3,40	3,17	2,95
0,5 %	70,78	72,02	73,40	5,95	5,76	5,54
25 % gumy arabskiej / 25 % of Arabic gum						
0,3 %	78,71	79,45	81,16	3,52	3,42	3,21
0,5 %	68,07	68,89	70,34	5,97	5,88	5,59
20 % skrobi modyfikowanej / 20 % of modified starch						
0,3 %	78,61	79,36	81,02	3,90	3,78	3,44
0,5 %	68,58	69,34	70,96	6,63	6,52	6,21
30 % skrobi modyfikowanej / 30 % of modified starch						
0,3 %	81,24	82,58	83,96	3,39	3,12	2,83
0,5 %	71,79	73,21	74,57	5,87	5,64	5,37

## Wnioski

1. Stwierdzono, że zarówno guma arabska, jak i skrobia modyfikowana (E 1450) stanowią dobry materiał ścian mikrokapsulek zawierających  $\beta$ -karoten. Jednak zastosowanie gumy arabskiej pozwala na uzyskanie lepszej retencji barwnika.
2. Efektywność procesu mikrokapsułkowania oraz retencja  $\beta$ -karotenu była uzależniona od stężenia nośnika w suszonej rozpyłowo emulsji. Wraz ze zwiększeniem

- stężenia gumy arabskiej uzyskano poprawę efektywności procesu i stabilności  $\beta$ -karotenu. W przypadku skrobi zaobserwowano odwrotną zależność.
3. Wśród próbek analizowanych w pracy, najbardziej stabilne były próbki mikrokapsułowanego  $\beta$ -karotenu otrzymane z emulsji zawierającej: 25 % gumy arabskiej lub 20 % skrobi modyfikowanej.

### Literatura

- [1] Barbosa M.I.M.J., Borsarelli C.D., Mercadante A.Z.: Light stability of spray-dried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. *Food Res. Int.*, 2005, **38**, 989-994.
- [2] Beatus Y., Razieli A., Rosenberg M., Kopelman I.J.: Spray drying micro-encapsulation of paprika oleoresin. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 1985, **18**, 28-34.
- [3] Buffo R., Reineccius G.A.: Optimization of gum acacia/modified starch/maltodextrin blends for the spray drying of flavors. *Perfumer&Flavorist*, 2000, **25**, 45-54.
- [4] Cheng H., Peng H.Y., Chen H.E.: Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, **43**, 1912-1918.
- [5] Chen B.H., Chen T.M., Chien J.T.: Kinetic model for studying the isomerization of  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene during heating and illumination. *J. Agric. Food Chem.*, 1994, **42**, 2391-2397.
- [6] Desobry S.A., Netto F.M., Labuza T.P.: Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for  $\beta$ -carotene encapsulation and preservation. *J. Food Sci.*, 1997, **6**, 1158-1162.
- [7] Dłużewska E., Leszczyński K.: Wpływ rodzaju nośnika na jakość mikrokapsułowanych aromatów. *Folia Univ. Agric. Stetin. Scientia Alimentaria*, 2005, **246**, 47-58.
- [8] Dziezak J.D.: Microencapsulation and encapsulation ingredients. *J. Food Technol.*, 1988, **42**, 136-151.
- [9] Ersus S., Yurdagel U.: Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *J. Food Eng.*, 2007, **80**, 805-812.
- [10] Kim Y.D., Morr C.H.V., Schenz T.W.: Microencapsulation properties of Arabic gum and several food proteins: liquid orange oil emulsion particles. *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 1308-1313.
- [11] Krishnana S., Kshirsagar A.C., Singhal R.S.: The use of Arabic gum and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent. *Carbohydrate Polymers*, 2005, **62**, 309-315.
- [12] Minguez-Mosquera M.I., Hornero-Mendez D., Perez-Galvez A.: Carotenoids and provitamin A in functional foods. CRC Press LLC, 2002.
- [13] Orset S., Leach G.C., Morais R., Young A.J.: Spray-drying of the microalga *Dunaliella salina*: effects on  $\beta$ -carotene content and isomer composition. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 4782-4790.
- [14] Pesek C.A., Warthesen J.J.: Kinetic model for photoisomerization and concomitant photodegradation of  $\beta$ -carotenes. 1990, **38**, 1313-1315.
- [15] PN-90A-75101/12. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczenie sumy karotenoidów i  $\beta$ -karotenu.
- [16] Re M.I.: Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, 1998, **16**, 1195-1236.
- [17] Reineccius G.A., Bangs W.E.: Spray drying of food flavors. III. Optimum ineed concentrations for retention of artificial flavors. *Perfumer&Flavorist*, 1985, **9**, 27-29.
- [18] Robert P., Carlsson R.M., Romero N., Masson L.: Stability of spray-dried encapsulated carotenoid pigments from rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) oleoresin. *JAOCs*, 2003, **11 (80)**, 1115-1120.
- [19] Rodriguez-Huezo M.E., Pedroza-Islas R., Prado-Barragan L.A., Beristain C.I., Vernon-Carter E.J.: Microencapsulation by spray drying of multiple emulsions containing carotenoids. *J. Food Sci.*, 2004, **7**, 351-359.




- [20] Selim K., Tsimidou M., Biliaderis C.G.: Kinetic studies of degradation of saffron carotenoids encapsulated in amorphous polymer matrices. *Food Chemistry*, 2000, **71**, 199-206.
- [21] Shu B., Yu W., Zhao Y., Liu X.: Study on microencapsulation of lycopene by spray-drying. *J. Food Eng.*, 2006, **76**, 664-669.
- [22] Wagner L.A., Warthesen J.J.: Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes. *J. Food Sci.*, 1995, **60**, (5), 1048-1052.

#### EFFECT OF CARRIER TYPE ON STABILITY OF B-CAROTENE MICRO-ENCAPSULATED USING SPRAY-DRYING METHOD

##### Summary

The objective of this study was to determine the effect of carrier type and amount on the stability of  $\beta$ -carotene micro-encapsulated using a spray-drying method. The walls of micro-capsules (carriers) were made of: an Arabic gum and a modified starch (E1450). The amounts of the carriers added ranged from 15 to 30 %, and the amount of the  $\beta$ -carotene emulsion was 5% of the emulsion weight. The emulsions of  $\beta$ -carotene and the carrier solutions were made using a high-pressure homogenizer in order to perform a two stage homogenization process. The following values were determined: distribution of the emulsion particle size, total content of  $\beta$ -carotene in micro-capsules and on their surfaces, the colour of beverages produced with the addition of micro-encapsulated  $\beta$ -carotene. The experiment was carried out during two months. It was found that both the Arabic gum and the modified starch (E 1450) were a good material to build the walls of micro-capsules containing  $\beta$ -carotene. The distribution analysis of the dispersed emulsion particle size showed that the emulsions with 25 % of Arabic gum added were better dispersed. The samples with the Arabic gum added were characterized by the better effectiveness of micro-encapsulation and the better retention of  $\beta$ -carotene during storage. As for the Arabic gum, the increase in the carrier concentration caused the colour retention to increase. A reverse dependence was found in the case of modified starch.

**Key words:**  $\beta$ -carotene, micro-encapsulation, modified starch, Arabic gum 

ANTONI MIECZNIKOWSKI, ANDRZEJ LENART

## CHARAKTERYSTYKA PREPARATÓW BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ UTRWALONYCH METODĄ SUSZENIA FLUIDYZACYJNEGO

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu składu, właściwości fizycznych nośników oraz rozmiarów granulki biopreparatów bakterii fermentacji mlekowej z gatunku *Lactobacillus plantarum* na przeżywalność komórek bakterii w czasie suszenia fluidyzacyjnego i przechowywania w warunkach chłodniczych.

Biopreparaty przygotowywano przy zastosowaniu następujących nośników: rozpuszczalnej skrobi ziemniaczanej, sacharozy, glukozy i laktozy. Jako substancję ochronną stosowano betainę. Wilgotne preparaty granulowano przy zastosowaniu sit o wymiarach bocznych otworków: początkowo 1,25 mm, a w drugim etapie pracy: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 i 2,5 mm. Preparaty suszono w laboratoryjnej suszarce fluidyzacyjnej, w temperaturze nie przekraczającej 35 °C.

Stwierdzono, że skład i wzajemne proporcje nośników zastosowanych do wytwarzania preparatów bakterii wpłynęły w sposób istotny na przeżywalność komórek w czasie suszenia. Suszenie fluidyzacyjne umożliwiło uzyskanie przeżywalności bakterii *Lactobacillus plantarum* C na poziomie 65 %, jednak aktywność biologiczna badanych preparatów malała i po 12 miesiącach przechowywania w temperaturze 8 °C wynosiła, we wszystkich grupach preparatów, poniżej 10 % w stosunku do wartości początkowej.

**Słowa kluczowe:** bakterie fermentacji mlekowej, suszenie fluidyzacyjne bakterii, przeżywalność bakterii

### Wprowadzenie

Szybki rozwój przetwórstwa żywności stwarza coraz większe zapotrzebowanie na biopreparaty w postaci stałej, zapewniającej ich wysoką funkcjonalność, trwałość i powtarzalną jakość [7, 14, 15]. Dobór szczepów wykorzystywanych jako składniki biopreparatów oraz metod ich utrwalania musi być prowadzony w sposób ciągły, ponieważ uzyskiwane drogą selekcji szczepy bakterii charakteryzują się często ograni-

---

Dr inż. A. Miecznikowski, Zakład Technologii Fermentacji, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, 02-532 Warszawa ul. Rakowiecka 36, prof. dr hab. A. Lenart, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 02-776 Warszawa ul. Nowoursynowska 159 C

czoną stabilnością cech użytkowych, zanikających w trakcie wielokrotnego namnażania prowadzonego w procesach produkcyjnych [4].

Kończącym procesem wytwarzania preparatów w postaci stałej jest suszenie, które w znacznym stopniu może wpływać na aktywność biologiczną otrzymywanego produktu oraz niektóre jego właściwości. Celem suszenia biomasy mikroorganizmów jest wprowadzenie komórek w stan anabiozy – okresowego, odwracalnego zahamowania funkcji życiowych, które realizowane są z szybkością bliską zeru, a zaistnienie sprzyjających ku temu warunków powoduje rozpoczęcie procesów życiowych z normalną intensywnością [5, 12].

Wegetatywne formy mikroorganizmów charakteryzują się małą termostabilnością, co przejawia się dużą szybkością obumierania komórek i utratą aktywności związanej z dehydratacją termiczną w zakresie temperatury 40 - 60 °C [11]. Mechanizm śmierci komórek bakterii fermentacji mlekowej, podczas ich suszenia i przechowywania w stanie wysuszonym, nie jest jeszcze w pełni poznany, a prowadzone w tym zakresie badania wciąż ujawniają nowe aspekty tego zagadnienia. Anabioza spowodowana odwodnieniem komórek wywołuje w części populacji efekt letalny, którego przyczyną może być naruszenie błony komórkowej, jej destrukcja lub deformacja, jak i denaturacja białka komórkowego [2, 3, 10].

Próby zapobieżenia zjawisku inaktywacji dehydratacyjnej obejmują głównie badania nad stosowaniem różnych substancji ochronnych zwiększających oporność drobnoustrojów na stres osmotyczny [6]. O ile w przypadku wielu substancji ochronnych mechanizm ich działania nie jest wyjaśniony, to w przypadku disacharydów (sacharoza, trehaloza) polega on na zastępowaniu cząsteczek wody związanej (usuwanej w czasie suszenia) w strukturach membran, dzięki czemu utrzymywana jest ich szczelność [16]. Ustalono, że przy zastosowaniu suszenia próżniowego oraz liofilizacji biomasy bakterii z gatunku *Lactobacillus plantarum* dodatek węglowodanów jest niezbędny [1]. Badania dotyczące specyficznych substancji umożliwiających przeżycie w warunkach niskiej temperatury, wysokiego ciśnienia i niedoboru substancji odżywczych w środowisku pozwoliły stwierdzić, że działaniem takim charakteryzuje się między innymi betaina i karnityna [13]. Badania dotyczące doboru metod suszenia oraz analizy parametrów cieplnych i technicznych tego procesu, a także określenia parametrów optymalnych dla danej grupy mikroorganizmów, w znacznym stopniu poszerzają wiedzę i możliwości aplikacyjne w zakresie wytwarzania preparatów kultur starterowych w postaci stałej, charakteryzujących się wysoką jakością.

Celem pracy było określenie wpływu składu, właściwości fizycznych nośników oraz rozmiarów granulek biopreparatów bakterii fermentacji mlekowej z gatunku *Lactobacillus plantarum* na przeżywalność komórek bakterii w czasie suszenia fluidyzacyjnego i przechowywania w warunkach chłodniczych.

### Material i metody badań

Badany mikroorganizm: *Lactobacillus plantarum* C-KKP/788/p – szczep uzyskany metodą selekcji, spośród szczepów wyizolowanych z kiszonki wykonanej z runi łąkowej z dodatkiem lucerny; selekcji dokonano w Zakładzie Technologii Fermentacji Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie. Szczep ten charakteryzuje się zdolnością syntetyzowania zewnątrzkomórkowych enzymów amylolitycznych i celulolitycznych.

Biopreparaty badane w pracy przygotowywano przy zastosowaniu następujących składników, stanowiących nośniki biomasy bakterii: ziemniaczana skrobia rozpuszczalna, sacharoza, glukoza, laktoza. Jako substancję ochronną stosowano betainę. Skład badanych biopreparatów podano w tab. 1.

Tabela 1

Skład surowcowy i chemiczny preparatów użytych w doświadczeniach modelowych.  
Ingredients and chemical composition of preparations used in model experiments.

Symbol	Skład nośnika Composition of carrier	Udział składników / Content of ingredients [%]						
		biomasa biomass	woda water	sacharoza sucrose	glukoza glucose	skrobia starch	laktoza lactose	betaina betaine
A	Sacharoza, glukoza, skrobia, laktoza Sucrose, glucose, lactose, starch	10	1,4	39,0	27,0	14,0	8,5	0,1
B	Sacharoza, skrobia Sucrose, starch	10	1,4	74,5	-	14,0	-	0,1
C	Glukoza, skrobia Glucose, starch	10	11,4	-	66,0	12,5	-	0,1
D	Laktoza, skrobia Lactose, starch	10	11,4	-	-	12,5	66,0	0,1
E	Skrobia Starch	10	11,3	-	-	79,6	-	0,1

Biopreparaty wykonywano w następujący sposób: najpierw mieszano nośniki w określonych proporcjach, następnie dodawano do nich biomasę bakterii wymieszaną z określoną ilością wody i substancji ochronnej, po czym dokładnie mieszano wszystkie składniki. W początkowym etapie pracy preparaty granulowano, przetłaczając je przez sito o otworach 1,25×1,25 mm (preparaty o różnych składach), potem stosowano

sita o różnych wymiarach bocznych otworów: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 oraz 2,5 mm (preparaty o identycznym składzie surowcowym).

Biopreparaty suszono metodą fluidyzacji, w laboratoryjnej dwukomorowej suszarce fluidyzacyjnej, przy takich samych parametrach procesu oraz w zbliżonych warunkach zewnętrznych. Pomiary wykonywano co 5 min. W trakcie procesu suszenia temperatura powietrza w złożu obniżała się początkowo do wartości minimalnej, a w miarę przebiegu procesu dążyła asymptotycznie do wartości zadanej 35 °C. Każde doświadczenie wykonywano w trzech powtórzeniach, susząc preparat jednocześnie w dwóch równoległych komorach suszarni. Wszystkie procesy suszenia prowadzono przez 25 min.

W ocenie biopreparatów stosowano następujące metody pomiarowe:

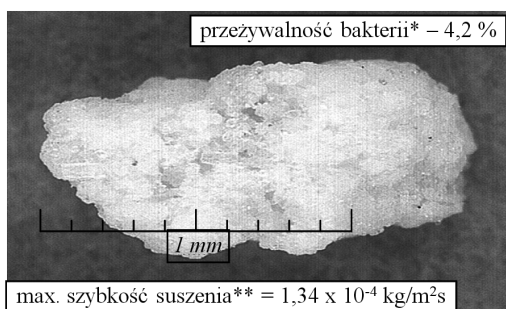
- Oznaczanie liczby bakterii fermentacji mlekowej metodą płytkową, na podłożu stałym – MRS z dodatkiem purpury bromokrezolowej. Liczbę bakterii wyrażano w jtk/g w biomase bakterii, w suchym preparacie – bezpośrednio po suszeniu oraz po 3, 6, 9 i 12 miesiącach przechowywania w temp. 8 °C.
- Średnią masę granulki biopreparatu  $m_{cs}$  określano jako stosunek masy reprezentatywnej próbki granulatu (liczebność próbki – minimum 500 granulek; ważenie z dokładnością  $\pm 0,001$  g) do liczby granulek w próbce. Oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach.
- Wyznaczanie gęstości granulki biopreparatu wykonywano korzystając z zależności:  $\rho_p = m_{cs}/V_{cs}$ , gdzie  $V_{cs}$  to średnia objętość granulki preparatu wyliczana z zależności:  $V_{cs} = (\pi \cdot d_z^3)/6$  na podstawie średnicy zastępczej, wyznaczonej przy użyciu aparatu AWK 3D firmy Kamika Instruments.
- Przeżywalność bakterii określano jako stosunek  $(A/A_0) \cdot k \cdot 100\%$ , gdzie:  $A$  – liczba bakterii w jtk/g wysuszonego biopreparatu,  $A_0$  – liczba bakterii w jtk/g wilgotnego biopreparatu,  $k$  – współczynnik przeliczeniowy uwzględniający zmianę rozcieńczenia biomasy na skutek ubytku wilgoci w czasie suszenia, definiowany jako stosunek zawartości s.s. w wilgotnym biopreparacie do zawartości s.s. w wysuszonym biopreparacie.
- Współczynnik śmiertelności komórek bakterii w czasie przechowywania wyznaczano z zależności:  $(A_{x-1} - A_x)/A_{x-1}$ , gdzie  $A_{x-1}$  i  $A_x$  – liczba bakterii w jtk/g w kolejnych oznaczeniach, a  $\tau$  to czas pomiędzy kolejnymi oznaczeniami wyrażany w miesiącach.
- Powiększone obrazy granulek biopreparatów uzyskiwano przy zastosowaniu skanera o rozdzielczości 4800 dpi oraz sprzętu komputerowego Macintosh (powiększenie około 100x).
- Pomiary prędkości przepływu powietrza  $V_g$  w pustym aparacie wykonywano za pomocą anemometru.

Do weryfikacji statystycznej zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), w której szacowano istotność różnic przeżywalności bakterii w zależności od maksymalnej szybkości suszenia. Weryfikację wykonywano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

W pierwszym etapie pracy wykonano doświadczenia modelowe w celu oceny wpływu zmian składu surowcowego biopreparatów granulowanych przy zastosowaniu sit o takich samych wymiarach otworów (1,25 mm × 1,25 mm) na ich parametry fizyczne, dynamikę procesu suszenia i przeżywalność bakterii w procesie suszenia fluidyzacyjnego. Na podstawie uzyskanych wyników, dotyczących zmian wilgotności preparatów, wyznaczono krzywe suszenia oraz krzywe szybkości suszenia i określono maksymalne szybkości suszenia dla danego procesu. Oznaczono również przeżywalność komórek bakterii i dokonano próby powiązania jej z maksymalną szybkością suszenia oraz składem surowcowym nośników. W tym celu analizowano powiększone obrazy granulek uzyskane metodą skanowania. Skanowano wszystkie granulki z wybranych losowo próbek granulatów (każda próbka zawierała około 20 granulek), po czym wybierano skany o najlepszej jakości obrazu, czyli takie, które w największym stopniu umożliwiały analizę obrazów powierzchni granulek. Uzyskane obrazy wraz ze stwierdzoną przeżywalnością bakterii oraz maksymalną dla danego procesu szybkością suszenia przedstawiono na rys. od 1 do 5. Analizy obrazów dokonywano na podstawie optycznej oceny stopnia rozwinięcia powierzchni granulek badanych preparatów. Kolejność przedstawionych rysunków ustalono według wyznaczonej wcześniej maksymalnej prędkości suszenia poszczególnych biopreparatów. Granulaty, w których oznaczono mniejszą przeżywalność komórek bakterii: 4,2, 16,0 i 28,4 % (rys. 1, 2 i 3), cechowała mniej rozbudowana struktura powierzchni w porównaniu z granulatami, w których stwierdzono stosunkowo wysoką przeżywalność bakterii – 58,0 i 44,0 % i rozbudowaną strukturę powierzchni (rys. 4 i 5). Obliczone maksymalne szybkości suszenia biopreparatów, odniesione do jednostki powierzchni granulek, malały ze wzrostem ocenianej wizualnie powierzchni granulek. W literaturze brak jest danych dotyczących związku pomiędzy strukturą powierzchni granulek, wynikającą z ich składu surowcowego, a szybkością suszenia i przeżywalnością bakterii stanowiących składnik czynny biopreparatów. Jednak wiadomo, że np. w procesach aglomeracji nawilżeniowej mieszanin zawierających serwatkę, glukozę i izolaty sojowe powstają aglomeraty, których takie parametry, jak: powierzchnia projekcyjna, obwód projekcji, objętość, współczynnik wydłużenia i współczynnik kształtu, zależą zarówno od zastosowanej metody aglomeracji, jak i od składu surowcowego [8, 9]. Parametry granulatów związane z kształtem cząstek mają wpływ na powierzchnię właściwą granulek, a więc również na szybkość suszenia. Nie można zatem wykluczyć związku pomiędzy

składem surowcowym granulatów i szybkością suszenia a przeżywalnością bakterii. Biopreparat A stanowił materiał do dalszych badań, ponieważ w tym wariacie uzyskano największą przeżywalność komórek bakterii.

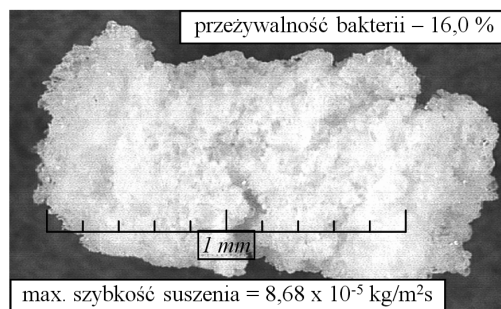


\* survivability of bacteria

\*\* maximum drying rate

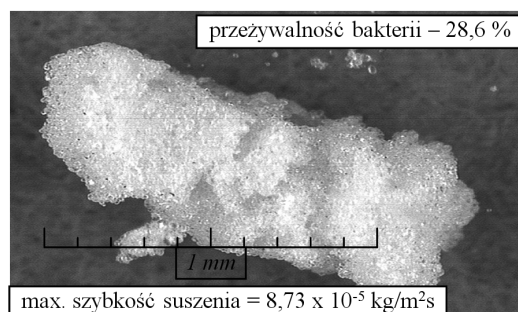
Rys. 1. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była glukoza i skrobia. Biopreparat C.

Fig. 1. Image of granule of dried bio-preparation, where glucose and starch were carriers. Bio-preparation C.



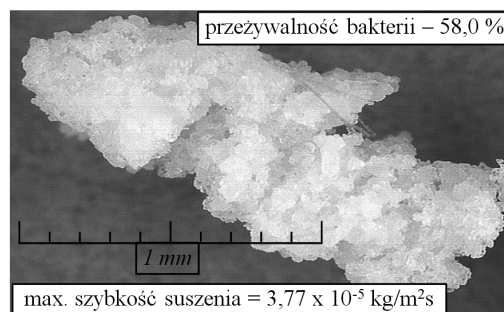
Rys. 2. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była laktoza i skrobia. Biopreparat D.

Fig. 2. Image of granule of dried bio-preparation, where lactose and starch were carriers. Bio-preparation D.



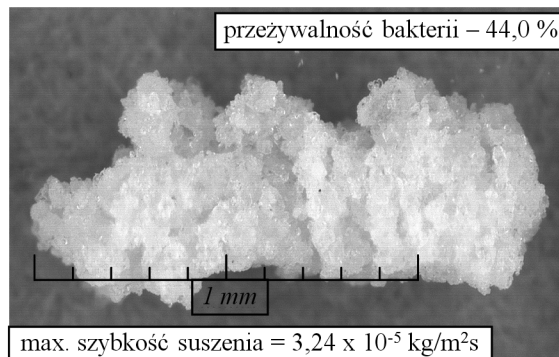
Rys. 3. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym jedynym nośnikiem była skrobia. Biopreparat E.

Fig. 3. Image of granule of dried bio-preparation, where starch were carriers. Bio-preparation E.



Rys. 4. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była sacharoza, glukoza, laktoza i skrobia. Biopreparat A.

Fig. 4. Image of granule of dried bio-preparation, where sucrose, glucose, lactose, and starch were carriers. Bio-preparation A.



Rys. 5. Obraz granulki wysuszonego biopreparatu, w którym nośnikami była sacharoza i skrobia.  
Biopreparat B.

Fig. 5. Image of granule of dried bio-preparation, where sucrose and starch were carriers.  
Bio-preparation B.

W następnym etapie biopreparaty otrzymano przy użyciu sit o następujących wymiarach bocznych otworów: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 oraz 2,5 mm. Były to preparaty o składzie nośników oznaczonych symbolem A (tab. 1). Badaniom poddawano biopreparaty o identycznym składzie surowcowym i początkowej zawartości wilgoci (około 9,5 %). W tab. 2. podano charakterystyczne parametry granulowanych biopreparatów oraz wybrane warunki procesu suszenia.

Średnia masa granulki związana jest z wielkością otworów sit granulatora, a ich wzrost powoduje również zwiększenie wartości tego parametru. Natomiast zmniejszenie gęstości granulek ze wzrostem ich wielkości związane jest z metodą granulowania. Takie zjawisko ma uzasadnienie, ponieważ do przetłaczania wilgotnego preparatu przez sita w trakcie granulowania potrzebna jest siła nacisku rosnąca wraz ze zmniejszaniem się otworów sit. Stwierdzono zwiększenie maksymalnych wartości szybkości suszenia preparatów wraz ze wzrostem wymiarów granulek. Takie zjawisko powiązać można ze stwierdzonym zmniejszeniem gęstości granulek wraz ze zwiększeniem ich wymiarów. W przebadanym zakresie parametrów geometrycznych biopreparatów zaobserwowano również zwiększenie przeżywalności bakterii wraz ze wzrostem rozmiarów granulek i maksymalnych szybkości suszenia (tab. 2).

Stwierdzono, że w przypadku trzech największych wymiarów granulatów nie występują różnice statystyczne pod względem przeżywalności bakterii. Różnice te dotyczą mniejszych wymiarów granulek. Stąd też wnioskowanie o związku przeżywalności z szybkością suszenia (wymiarami granulek) ma pewne uzasadnienie. Nie jest to wprawdzie pełna korelacja, ale na podstawie otrzymanych wyników można wnioskować, że w określonym zakresie szybkości suszenia (w warunkach przeprowadzonego



eksperymentu powyżej  $3,7 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ) przeżywalność badanego szczepu bakterii jest duża.

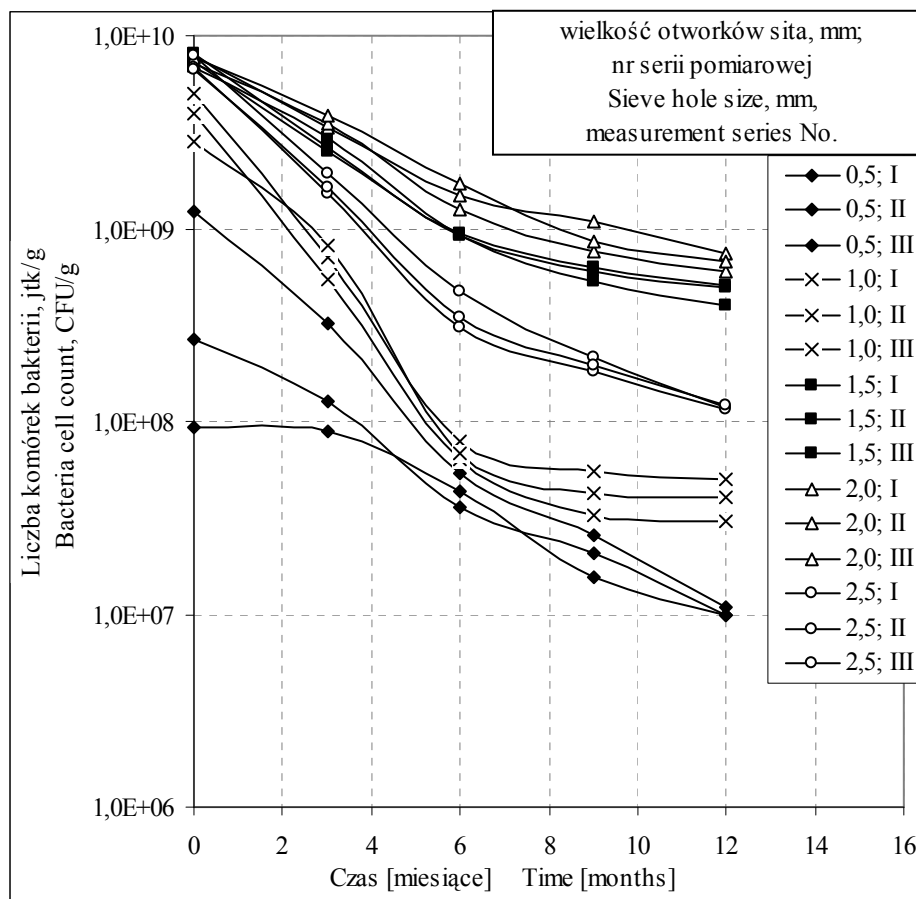
Tabela 2

Parametry fizyczne biopreparatów, warunki suszenia oraz przeżywalność komórek bakterii w biopreparatach suszonych w laboratoryjnej suszarce fluidyzacyjnej.

Physical parameters of bio-preparations, drying conditions, and survivability of bacteria in bio-preparations dried in a laboratory fluidized bed dryer.

Rozmiar otworków sita granuladora Size of sieve holes in granulator, mm	Średnia masa granulki Mean weight of granule $m_{cs}$ , kg	Średnia gęstość granulki Mean density of granule $\rho_p$ , $\text{kg/m}^3$	Prędkość powietrza w pustym aparacie, Air flow velocity (in empty apparatus) $V_g$ , m/s	Maksymalna szybkość suszenia Maximum drying rate, $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$	Przeżywalność komórek bakterii Survivability of bacterial cells, %
0,5	$2,619 \cdot 10^{-7}$	1434	1,2	$1,96 \cdot 10^{-5}$	2,3
				$1,83 \cdot 10^{-5}$	0,8
				$1,67 \cdot 10^{-5}$	10,6
1,0	$1,132 \cdot 10^{-6}$	1368	1,8	$2,42 \cdot 10^{-5}$	33,8
				$2,74 \cdot 10^{-5}$	42,8
				$2,44 \cdot 10^{-5}$	24,4
1,5	$2,302 \cdot 10^{-6}$	1360	2,7	$3,51 \cdot 10^{-5}$	58,7
				$3,71 \cdot 10^{-5}$	68,7
				$3,22 \cdot 10^{-5}$	63,1
2,0	$5,472 \cdot 10^{-6}$	1093	3,1	$4,24 \cdot 10^{-5}$	67,6
				$3,97 \cdot 10^{-5}$	61,8
				$3,87 \cdot 10^{-5}$	66,3
2,5	$1,121 \cdot 10^{-5}$	846	3,5	$4,11 \cdot 10^{-5}$	67,1
				$4,78 \cdot 10^{-5}$	58,2
				$4,35 \cdot 10^{-5}$	56,8

Wyniki dotyczące aktywności biologicznej biopreparatów w trakcie przechowywania przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Porównanie aktywności biologicznej preparatów w czasie przechowywania.

Fig. 6. Comparison of biological activity of preparations during storage.

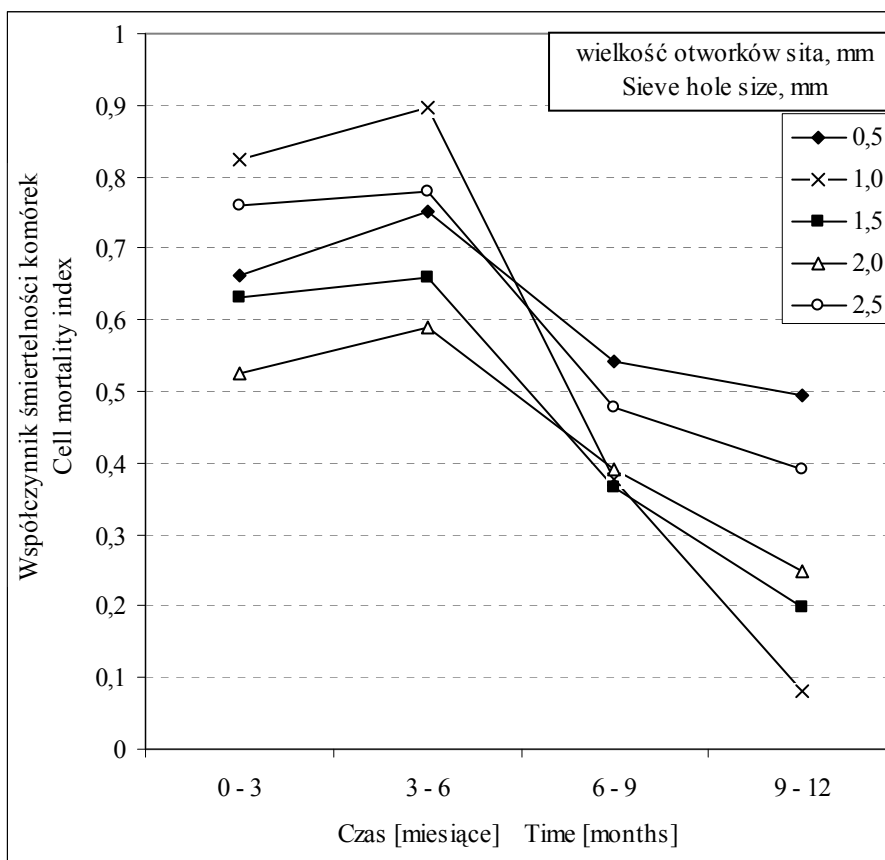
We wszystkich przechowywanych próbkach stwierdzono znaczne obniżenie aktywności biologicznej, różne dla poszczególnych grup wymiarów preparatów. Najintensywniejsze zmniejszenie aktywności następowało w czasie początkowych trzech miesięcy przechowywania. Największą przeżywalnością w tym okresie, w stosunku do biopreparatu badanego zaraz po suszeniu, wynoszącą 56,3 %, charakteryzował się preparat wykonany przy użyciu sit o otworach 2 mm, najmniejszą – wynoszącą 24,1 % – preparat wykonany przy użyciu sit o otworach 2,5 mm. Najwyższą aktywność biologiczną po 12 miesiącach przechowywania oznaczono w preparatach wykonanych z zastosowaniem sit o otworach 2,0 mm i 1,5 mm. Najniższą aktywnością charakteryzowały się w tym przypadku preparaty o najmniejszych oraz największych wymiarach granulek. Określono też średnią przeżywalność bakterii w całym okresie przechowy-

wania ze wszystkich serii pomiarowych, w biopreparatach o określonej granulacji, liczone jako stosunek liczby jtk/g preparatu po 12 miesiącach przechowywania do liczby jtk/g preparatu bezpośrednio po zakończeniu procesu suszenia. Przeżywalność ta w preparatach wykonanych przy użyciu sit o wymiarach oczek: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 i 2,5 mm osiągała odpowiednio następujące wartości: 5,09, 1,06, 6,36, 8,91 i 1,70 %.

Na podstawie wyników posiewów w trakcie przechowywania preparatów obliczono względne średnie szybkości obumierania komórek, przy uwzględnieniu trzymiesięcznych przedziałów czasowych, związanych z cyklem pomiarowym w trakcie przechowywania preparatów (rys. 7).

Stwierdzono zwiększenie względnej szybkości obumierania komórek w okresie od 3. do 6. miesiąca przechowywania, a następnie jej zmniejszanie do 12. miesiąca przechowywania biopreparatów. Najwyższym współczynnikiem śmiertelności komórek w okresie trzech miesięcy przechowywania charakteryzował się preparat wykonany przy użyciu sit o otworach 1,0 mm. Najmniejszą wartość tego parametru w całym okresie przechowywania stwierdzono w preparacie sporządzonym z zastosowaniem sit o otworach 2,0 mm.

Z przedstawionych danych wynika, że największą przeżywalnością, zarówno w procesie suszenia, jak i w odniesieniu do całego dwunastomiesięcznego okresu przechowywania w warunkach chłodniczych, charakteryzowały się preparaty wykonane przy użyciu sit o otworach 1,5 oraz 2,0 mm. Względnie wyższa liczba bakterii [jtk/g] w tych preparatach (rys. 6), po zakończeniu całego okresu przechowywania, była wynikiem znacznie wyższej liczby bakterii [jtk/g] w momencie rozpoczęcia doświadczenia. Stosunkowo duża przeżywalność komórek bakterii, uzyskana w najlepszym wariantcie procesu suszenia, nie determinuje zatem wysokiej przeżywalności w czasie przechowywania. Brak takiej zależności spowodowany jest prawdopodobnie złym stanem fizjologicznym komórek bakterii w wysuszonych preparatach. Większość z komórek, które zdołały przeżyć proces suszenia w środowisku sacharydów użytych jako nośniki, jest na tyle osłabiona, że już po pierwszych trzech miesiącach przechowywania ich śmiertelność przekracza 50 %. Oznacza to, że sama przeżywalność komórek bakterii w procesie technologicznym wytwarzania suszonych preparatów nie jest wystarczającym kryterium oceny w trakcie optymalizacji tego procesu. Zasadnicze znaczenie mają również kryteria związane z oceną stanu fizjologicznego komórek. Prowadzone w tym zakresie badania muszą obejmować także metody zmniejszenia termo- i osmolabilności komórek, począwszy od momentu przygotowywania biomasy do suszenia, poprzez dobór nośników oraz sposoby ich łączenia z biomasą, po określenie optymalnych warunków procesu suszenia i przechowywania.



Rys. 7. Zmiany względnej szybkości obumierania komórek bakterii w czasie przechowywania preparatów.

Fig. 7. Changes in relative mortality rate of bacterial cells during storage.

## Wnioski

1. Skład i wzajemne proporcje nośników zastosowanych do wytwarzania preparatów bakterii wpływają w sposób istotny na przeżywalność komórek w czasie suszenia fluidyzacyjnego. Spośród przebadanych składów surowcowych za najkorzystniejszy uznano następujący: biomasa, woda, skrobia rozpuszczalna, sacharoza, glukoza, laktoza, betaina, w następujących proporcjach: 9,9 : 1,5 : 14 : 39 : 27 : 8,5 : 0,1.
2. Wymiary granulek preparatów o identycznych składach wpływają na maksymalną szybkość suszenia fluidyzacyjnego występującą w trakcie procesu, powodując zwiększenie tej szybkości ze wzrostem wymiarów granulek i mogą być skorelowane z przeżywalnością drobnoustrojów w procesie suszenia.

3. Suszenie fluidyzacyjne umożliwia uzyskanie przeżywalności bakterii *Lactobacillus plantarum* C rzędu 65 %, jednak aktywność biologiczna badanych preparatów szybko maleje (w najkorzystniejszym wariancie po trzech miesiącach przechowywania wynosiła 56,3 %), by po 12 miesiącach przechowywania osiągnąć we wszystkich grupach preparatów poniżej 10 % w stosunku do wartości początkowej.

### Literatura

- [1] Augustynowicz J., Szaraniec B., Kaszycki P.: Wpływ trehalozy na procesy stabilizacji biocenozy biopreparatu przeznaczonego do degradacji związków ropopochodnych. Acta Sci. Pol. Biotechnol., 2004, **3** (1-2), 3-12.
- [2] Bayrock D., Ingledew W.M.: Mechanism of viability loss during fluidized bed drying of baker's yeast. Food Res. Int., 1997, **30**, **6**, 417-425.
- [3] Beney L., Geravis P.: Influence of the fluidity of the membrane on the response of microorganisms to environmental stress. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2001, **57**, 34-42.
- [4] Bednarski W.: Wybrane aspekty utrwalania oraz przechowywania szczepów drobnoustrojów przemysłowych. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 1990, **3**, 13-15.
- [5] Bednarski W., Rejs A.: Biotechnologia żywności. – pod red. W. Bednarskiego i A. Rejsa. WNT, Warszawa 2003.
- [6] Cardona T.D., Driscoll J.L., Paterson G.S., Srzednicki G.S., Kim W.S.: Optimizing conditions for heat pump dehydration of lactic acid bacteria. Dry. Technol., 2002, **20**, **8**, 1611-1632.
- [7] Gardiner G.E., O'Sullivan E., Kelly J., Auty M.A.E., Fitzgerald G.F., Collins J.K., Ross R.P., Stanton C.: Comparative survival rates human-derived probiotic *Lactobacillus paracasei* and *Lactobacillus salivarius* strains during heat treatment and spray drying. Appl. Environ. Microbiol., 2000, **66**, 2605-2612.
- [8] Janowicz M., Domian E., Kowalska H., Lenart A.: Wpływ aglomeracji w złożu fluidalnym na kształt cząstek wybranych proszków spożywczych. Inż. Rol., 2006, **3**, **78**, 45-54.
- [9] Janowicz M., Domian E., Kowalska H., Lenart A.: Wpływ aglomeracji i składu surowcowego na właściwości projekcyjne cząstek mieszanin proszków spożywczych. Inż. Rol., 2006, **7**, **82**, 231-239.
- [10] Mille Y., Beney L., Gervais P.: Magnitude and kinetics of re-hydration influence the viability of dehydrated *E. coli* K-12. Biotechnol. Bioeng., 2003, **83**, 578-582.
- [11] Morozov I.I., Petin G.V.: About the characters of thermo-protection in influence of osmolites on bacteria. Tsitologiya. 2008, **50**, **2**, 182-186.
- [12] Nicklin J., Graeme-Cook K., Killington R.: Mikrobiologia. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2004.
- [13] Turkiewicz M.: Drobnoustroje psychrofilne i ich biotechnologiczny potencjał. Kosmos. Probl. Nauk Biol. 2006, **55**, **4**, 307-320.
- [14] Tymczyszyn E.E., Gómez-Zawaglia A., Disalvo E.A.: Effect of sugars and growth media on the dehydration of *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. J. Appl. Microbiol., 2007, **102**, **3**, 845-851.
- [15] Witrowa-Rajchert D.: Współczesne tendencje w suszarnictwie żywności. Cz. I. Przem. Spoż., 2000, **12**, 10-12, 29-30.
- [16] Witrowa-Rajchert D., Samborska K.: Metody suszenia mikroorganizmów i produktów syntezy mikrobiologicznej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2002, **2** (31), 5-15.

**PROFILE OF LACTIC ACID FERMENTING BACTERIAL PREPARATIONS STABILIZED  
USING FLUIDIZED BED DRYING**

**S u m m a r y**

The objective of the study was to determine the impact of composition, physical properties of carriers, and sizes of granules of lactic acid fermenting bacterial bio-preparations from *Lactobacillus plantarum* sp. on the survivability of bacterial cells during the fluidized bed drying and storage under the refrigeration conditions.

The bio-preparations were prepared with the use of the following carriers: soluble potato starch, saccharose, glucose, and lactose. The betaine was applied as a protective substance. The wet preparations were granulated using sieves having side holes sizes as follows: initially 1.25 mm, and at the second stage of analysis: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5 mm. The preparations were dried in a laboratory fluidized bed dryer, at a temperature not exceeding 35 °C.

It was found that the survivability of the cells during drying was significantly impacted by the composition and the mutual ratios of the carriers used to produce bacterial preparations.

The fluidized bed drying makes it possible to achieve a level of 65 % of the survivability of *Lactobacillus plantarum* C bacteria; however, the biological activity of the preparations analysed decreased, and 12 months after the storage at a temperature of 8 °C, it was below 10 % in all groups of preparations compared to the initial value.

**Key words:** lactic acid fermenting bacteria, fluidized bed drying of bacteria, survivability of bacteria ☒

EWA WALASZCZYK, WALDEMAR PODGÓRSKI, DOMINIK MARZEC

## WPLYW MAKROELEMENTÓW NA PROCES BIOSYNTETY KWASU SZCZAWIOWEGO Z GLICEROLU PRZEZ *ASPERGILLUS NIGER*

### Streszczenie

Kwas szczawiowy jest najprostszym organicznym kwasem dikarboksylovym. Równocześnie jest to bardzo rozpowszechniony kwas roślinny. Pomimo swoich toksycznych właściwości stosowany jest w produkcji żywności jako: inhibitor enzymatycznego brązowienia owoców, stabilizator poprawiający zapach produktów spożywczych i czynnik klarujący. Ze względu na zwiększające się ilości odpadowego glicerolu, powstającego w produkcji biodiesla, nasilają się badania dotyczące wykorzystania go jako źródła węgla w procesach biotechnologicznych.

Celem pracy było określenie możliwości wykorzystania glicerolu jako źródła węgla i energii w procesie biosyntezy kwasu szczawiowego przez szczep *Aspergillus niger* W78C w hodowlach wstrząsanych oraz ustalenie optymalnego stężenia makroelementów w podłożu stosowanym w tym procesie.

Glicerol w procesie biosyntezy kwasu szczawiowego okazał się dobrym źródłem węgla i energii. Najlepsze wyniki bioprodukcji – ponad 43 g dm<sup>-3</sup> kwasu szczawiowego – uzyskano w wariacie z podłożem zawierającym: 1,30 g dm<sup>-3</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, i po 0,3 g dm<sup>-3</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> i MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Brak fosforu w podłożu był czynnikiem krytycznym wzrostu biomasy, co znacząco ograniczało syntezę kwasu szczawiowego. Istotnym składnikiem podłoża był także azot. Hodowla realizowana w wariacie ze zbyt małym stężeniem tego pierwiastka (0,12 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> dm<sup>-3</sup>) charakteryzowała się słabym wzrostem biomasy i niskimi wartościami stężenia produktu. Obecność soli magnezu nie była krytyczna dla przebiegu procesu. Brak dodatku do podłoża tego składnika ograniczał przyrost produktu o około 2 g dm<sup>-3</sup>.

**Słowa kluczowe:** kwas szczawiowy, *Aspergillus niger*, biosynteza, glicerol, biodiesel

### Wprowadzenie

Kwas szczawiowy jest najprostszym organicznym kwasem dikarboksylovym, jednym z najbardziej rozpowszechnionych kwasów roślinnych. Składa się z dwóch bezpośrednio ze sobą połączonych grup karboksylowych, z czego wynikają jego szczególne właściwości fizykochemiczne, m.in. właściwości redukujące, nietrwałość termiczna, kompleksowanie jonów metali, np. żelaza, aluminium, litu [8]. Jego zasto-

---

*Mgr inż. E. Walaszczyk, dr hab. inż. W. Podgórski, prof. UE, mgr inż. D. Marzec, Katedra Bioutylizacji Odpadów Rolno-Spożywczych, Instytut Chemii i Technologii Żywności, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, ul. Komandorska 118-120, 53-345 Wrocław*

sowanie jest dosyć szerokie. W produkcji żywności stosowany jest jako: inhibitor enzymatycznego brązowienia owoców, stabilizator poprawiający zapach produktów spożywczych i czynnik klarujący [16].

Kwas szczawiowy jest produktem ubocznym w procesie biosyntezy kwasu cytrynowego przez *Aspergillus niger*. Pierwsze próby określenia warunków i mechanizmów formowania tego kwasu, jako metabolitu *A. niger*, podjęli Bomstein, Cleland i Johnson [3, 5]. Skład medium hodowlanego przez nich zaproponowany został opracowany na podstawie składu podłoża stosowanego do biosyntezy kwasu cytrynowego [19]. Autorzy ci przebadali wpływ podstawowych mikro- oraz makroelementów i stwierdzili, że do biosyntezy kwasów organicznych przez *Aspergillus niger*, oprócz źródła węgla, niezbędne są sole zawierające azot, fosfor, magnez, cynk i żelazo.

Obok tradycyjnych, stosowanych w syntezie mikrobiologicznej, substratów w rodzaju cukru białego, skrobi, syropów glukozowych, hydrolu glukozowego, czy melasy [7, 10, 11, 12, 16] pojawiają się nowe niekonwencjonalne źródła węgla i energii. Ostatnio duże zainteresowanie badaczy wzbudza glicerol, co wynika z rosnącego problemu zagospodarowania odpadowej gliceryny powstającej w procesie produkcji biodiesla [1, 14, 18]. Ustawą o biokomponentach i biopaliwach ciekłych [21] wprowadzono od 2007 r. obowiązek ich stosowania, a zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów w tej sprawie [17] i Dyrektywą UE [6], dodatek biokomponentów do paliw powinien wzrastać do 7,1 % w 2013 r. i do 20 % w 2020 r. [22]. Prognozuje się więc, że ilość powstającego odpadowego glicerolu przekroczy jego rynkowe zapotrzebowanie [10], a problemy z jego zagospodarowaniem wpłyną na ekonomiczność produkcji tego biopaliwa [18, 20].

Celem pracy było określenie możliwości wykorzystania glicerolu jako jedyne źródła węgla i energii w procesie biosyntezy kwasu szczawiowego przez szczep *Aspergillus niger* W78C w hodowlach wstrząsanych oraz ustalenie optymalnego stężenia makroelementów w podłożu stosowanym w tym procesie.

### **Material i metody badań**

W badaniach stosowano szczep *Aspergillus niger* W78C pochodzący z kolekcji Instytutu Chemii i Technologii Żywności Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Hodowle prowadzono na podłożach syntetycznych z glicerolem (99,5 %), rozcieńczonym wodą wodociągową do stężenia  $150 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Podłoża uzupełniano źródłami makroelementów w postaci:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  i  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Odczyn podłoży ustalano kwasem mineralnym na poziomie 6,0 jednostek pH. Hodowle prowadzono przez 20 dni w temp.  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , w kolbach o pojemności  $750 \text{ cm}^3$  wypełnionych  $125 \text{ cm}^3$  podłoża, umieszczonych na wstrząsarce posuwisto-zwrotnej o częstotliwości 148 ruchów  $\text{min}^{-1}$  i amplitudzie 3,5 cm.



Skład chemiczny podłoży zastosowanych w procesie biosyntezy kwasu szczawowego (tab. 1) był modyfikacją podłoża zaproponowanego przez Bomstein, Cleland i Johnson [3, 5]. Zastępując wodę destylowaną wodą wodociągową, która zawiera wystarczającą ilość mikroelementów, można było pominąć dodatki soli cynku i żelaza oraz innych mikroelementów [7, 11, 15]. Zamiast szeroko stosowanych węglowodanów, jako źródła węgla i energii, do biosyntezy kwasu szczawowego [2, 4, 7, 12, 13, 16] zastosowano glicerol.

Tabela 1

Skład podłoży hodowlanych.  
Composition of culture media.

Wariant nr Variant No.	Opis wariantów Description of variants	Makroelementy w podłożu [g·dm <sup>-3</sup> ] Macro-elements in medium [g·dm <sup>-3</sup> ]		
		NH <sub>4</sub> HO <sub>3</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
1	punkty czynnikiowe factorial points	0,60	0,10	0,10
2		0,60	0,10	0,50
3		0,60	0,50	0,10
4		0,60	0,50	0,50
5		2,00	0,10	0,10
6		2,00	0,10	0,50
7		2,00	0,50	0,10
8		2,00	0,50	0,50
9	punkty gwiazdne star points	<b>0,12</b>	0,30	0,30
10		<b>2,48</b>	0,30	0,30
11		1,30	<b>0,00</b>	0,30
12		1,30	<b>0,64</b>	0,30
13		1,30	0,30	<b>0,00</b>
14		1,30	0,30	<b>0,64</b>
15	punkty centralne center points	1,30	0,30	0,30
16		1,30	0,30	0,30

Źródło:/ Source: Badania własne / The authors' own study

Kwasy organiczne oznaczano za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC (Perkin Elmer) przy użyciu kolumny Aminex HPX-87H (Bio-Rad Lab., Richmond, Calif., USA) oraz detektora UV/VIS o długości fali 210 nm (Perkin Elmer). Fazą mobilną był 5 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Szybkość przepływu wynosiła 0,6 cm<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>, a temp.

20 °C. Stężenie biomasy oznaczano przez odfiltrowanie i suszenie w temp. 105 °C do stałej masy.

Do planowania wariantów badawczych zastosowano statystyczną metodę optymalizacji eksperymentów w postaci centralnego planu kompozycyjnego Boxa-Wilsona [7]. Optymalizowano stężenie makroelementów w postaci soli:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , będących źródłem azotu, fosforu i magnezu. Do opracowania wyników stosowano system analizy danych Statistica, wersja 9 StatSoft, Inc., 2009.

### Wyniki i dyskusja

W tab. 2. przedstawiono wyniki uzyskane w poszczególnych wariantach hodowlanych. Otrzymane wartości rzeczywistego stężenia produktu pozwalają na opisanie procesu następującym równaniem kwadratowym:

$$[\text{OA}] = 4,6 + 36,2[\text{N}] - 17,0[\text{N}]^2 + 56,8[\text{P}] - 95,4[\text{P}]^2 + 21,4[\text{Mg}] + 3,2[\text{Mg}]^2 + 15,6[\text{N}][\text{P}] - 2,2[\text{N}][\text{Mg}] - 67,9[\text{P}][\text{Mg}],$$

gdzie nawiasy oznaczają stężenie produktu oraz makroelementów w podłożu w  $[\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}]$ .

Na podstawie powyższego równania opisującego zależności pomiędzy składnikami podłoża a ilością uzyskanego produktu można obliczyć wartości stężenia kwasu szczawiowego, które teoretycznie powinno się uzyskać w poszczególnych wariantach hodowlanych (tab. 2 – kwas szczawiowy, wartości spodziewane).

Największe stężenie produktu ( $43,2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) uzyskano w wariacie 16. hodowli w podłożu o składzie:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   $1,3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $0,3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   $0,3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartość spodziewana stężenia kwasu szczawiowego w tym wariacie wyniosła  $37,3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wynik rzeczywisty procesu różnił się od spodziewanego o około  $6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wysokie rzeczywiste stężenie produktu uzyskano również w wariacie 2. ( $42,6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$   $0,6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $0,1 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   $0,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Jednak wynik ten był obarczony błędem i zgodnie z modelem statystycznym ilość kwasu szczawiowego w tym podłożu powinna wynieść  $33,4 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Interesująca jest analiza efektów niedoborów makroelementów w podłożu i wniosków wynikających z modelu matematycznego. W wariacie 11. hodowli, charakteryzującym się brakiem dodatku fosforu do podłoża, nastąpił słaby rozwój grzybni, co w konsekwencji spowodowało małą szybkość i ilość tworzonego metabolitu. Końcowe stężenie kwasu szczawiowego wyniosło  $9,9 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wynik ten został przez model uznany za błędny. Wartość spodziewana stężenia produktu kształtowała się bowiem na poziomie  $28,9 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Zatem różnica między wartością uzyskaną a spodziewaną była bardzo wysoka i wyniosła  $19 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Powtórzenie eksperymentów z podłożami przedstawionymi w tab. 1. potwierdziło poziom uzyskanych i przedstawionych w tab. 2. wartości rzeczywistych stężenia produktu, dokumentując tym samym, że obecność fosforu w podłożu jest czynnikiem krytycznym efektywności przebiegu całego procesu [9].

Tabela 2

Wyniki procesu biosyntezy kwasu szczawiowego z poszczególnych wariantów hodowlanych.  
Results of oxalic acid biosynthesis from individual variants of culture media.

Wariant Variant	Kwas szczawiowy (OA) [g·dm <sup>-3</sup> ] Oxalic acid (OA) [g·dm <sup>-3</sup> ]			Kwas cytrynowy (CA) [g·dm <sup>-3</sup> ] Citric acid (CA) [g·dm <sup>-3</sup> ]	Homofermentaty- wność [%] Chemical selectivity [%] OA · 100/ (OA + CA)	Biomasa [g·dm <sup>-3</sup> ] Biomass [g·dm <sup>-3</sup> ]
	Nr No.	otrzyman e obtained	spodz iewane expected	różnica difference		
1	34,5	27,3	7,2	16,3	67,9	7,5
2	<b>42,6</b>	33,4	9,2	22,9	65,0	7,5
3	25,4	28,1	-2,8	6,5	79,6	10,3
4	11,0	23,4	-12,4	5,0	68,7	8,2
5	25,5	18,1	7,4	42,2	37,7	10,6
6	27,0	23,0	4,0	39,9	40,4	11,1
7	19,8	27,7	-8,0	23,6	45,6	15,5
8	15,7	21,7	-6,0	13,7	53,4	21,4
9	10,6	18,3	-7,7	8,7	54,9	2,5
10	11,3	9,2	2,1	20,1	35,9	<b>22,0</b>
11	9,9	28,9	<b>-19,0</b>	0,0	100,0	0,1
12	39,2	26,1	<b>13,1</b>	21,9	64,2	14,2
13	35,6	<b>37,6</b>	-2,0	22,5	61,3	10,8
14	37,5	<b>37,7</b>	-0,3	18,2	67,3	13,4
15	35,4	37,3	-2,0	20,0	63,9	12,2
16	<b>43,2</b>	37,3	5,9	25,9	62,5	11,5

Źródło:/ Source: Badania własne / The authors' own study

Istotnym składnikiem podłoża był azot. Jego stężenie wpływało na ilość syntezowanej biomasy i ilość tworzonego produktu. W przypadku niedoboru tego pierwiastka występował niedostateczny wzrost grzybni (2,5 g·dm<sup>-3</sup>), natomiast w sytuacji nadwyżki stężenia w stosunku do zapotrzebowania, stężenie biomasy osiągało wartości maksymalne równe 22,0 g·dm<sup>-3</sup>. W wariantach hodowlanych z małą (0,12 g·dm<sup>-3</sup>) i dużą (2,48 g·dm<sup>-3</sup>) początkową zawartością NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (warianty 9. i 10.) rzeczywiste stężenie produktu było około 4-krotnie mniejsze (odpowiednio 10,6 i 11,3 g·dm<sup>-3</sup>) niż stężenie maksymalne (43,2 g·dm<sup>-3</sup>) uzyskane w procesie, w którym stężenie początkowe NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> wynosiło 1,3 g·dm<sup>-3</sup>.

Obecność soli magnezu nie wpływała w istotny sposób na wyniki biosyntezy (wariant 13. i 14.). Brak tego składnika w podłożu ograniczył przyrost produktu

o  $1,9 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a więc w zakresie błędu statystycznego zastosowanej metody. Model statystyczny również nie wskazał na istotność tego makroelementu w kontekście nadprodukcji kwasu szczawiowego, a wartości spodziewane w obu wariantach podłoża były bardzo zbliżone do siebie i do ilości rzeczywiście uzyskanych.

W trakcie hodowli tworzyły się także znaczne ilości produktu ubocznego, jakim był kwas cytrynowy (tab. 2). W kilku wariantach stężenie tego metabolitu przewyższało nawet stężenie produktu głównego (warianty 5, 6, 7, 10). Jedynie w wariantcie 11., charakteryzującym się brakiem fosforu, kwas cytrynowy nie tworzył się w ogóle.

Przedstawione w pracy uzyskane wartości stężenia kwasu szczawiowego są wyższe niż uzyskane przez innych autorów wykorzystujących w badaniach technikę hodowli wstrząsanej i stosujących surowce węglowodanowe. Camaselle i wsp. [4] oraz Bohlmann i wsp. [2] po 10 dniach hodowli *Aspergillus niger* uzyskali odpowiednio  $27,2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  kwasu szczawiowego z sacharozy oraz  $21,3 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  z serwatki, natomiast Madal i Banerjee [13]  $20,6 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  z glukozy po 9 dniach hodowli.

Uzyskana w niniejszej pracy ilość kwasu szczawiowego ( $43 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w podłożu z glicerolem była jednak mniejsza niż otrzymana przez nich w eksperymentach z użyciem cukru białego, w których maksymalna ilość produktu wyniosła  $65 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  przy wyższym współczynniku homofermentatywności całego procesu [7].

Przeprowadzone badania pozwalają na stwierdzenie, że glicerol może być potencjalnym źródłem węgla i energii w procesach biotechnologicznych, stwarzając możliwość zagospodarowania większej ilości powstającego odpadu z produkcji biopaliw.

Uzyskane wyniki wskazują także na potrzebę analizy i weryfikacji wniosków sugerowanych przez stosowane w planowaniu eksperymentów metody statystyczne. Model matematyczny nie zawsze dokładnie opisuje rzeczywistość i odzwierciedla skomplikowane procesy metaboliczne hodowanych drobnoustrojów. Wartości stężenia produktu uzyskane w niniejszej pracy w podłożu, w którym wystąpiło znaczne ograniczenie jednego z krytycznych dla biosyntezy kwasu szczawiowego składników, został uznany przez model za błędny. Powtórzenie wykonanych eksperymentów potwierdziło jednak poziom otrzymanych wartości rzeczywistych testowanego parametru.

## Wnioski

1. Glicerol był dobrym źródłem węgla i energii dla szczepu *Aspergillus niger* W78C, stosowanym w procesie biosyntezy kwasu szczawiowego metodą hodowli wstrząsanej.
2. Największe stężenie produktu ( $43,2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) uzyskano w podłożu hodowlanym o składzie:  $1,30 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3} \text{ NH}_4\text{NO}_3$ ,  $0,3 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3} \text{ KH}_2\text{PO}_4$  i  $0,3 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3} \text{ MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Źródłem mikroelementów była natomiast woda wodociągowa.
3. Azot był istotnym składnikiem podłoża wpływającym na efektywność procesu biosyntezy kwasu szczawiowego. W wariantcie ze zbyt niskim stężeniem tego ma-

- kroelementu ( $0,12 \text{ g NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) obserwowano słaby wzrost grzybni i niskie stężenia produktu. Zbyt wysokie stężenie  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ( $2,48 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) powodowało natomiast nadmierny przyrost biomasy, ograniczając tym samym ilość wytworzonego kwasu szczawiowego.
4. Obecność fosforu w podłożu była krytyczna dla wzrostu grzybni, co w konsekwencji ograniczało także ilość uzyskiwanego produktu.
  5. Brak magnezu nie był natomiast istotny dla przebiegu procesu. Jednakże jego obecność w podłożu sprzyjała przyrostowi produktu o  $1,9 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

### Literatura

- [1] Andre A., Diamantopoulou P., Philippoussis A., Sarris D., Komaitis M., Papanikolaou S.: Biotechnological conversions of bio-diesel derived waste glycerol into addend-value compounds by higher fungi: production of biomass, single cell oil and oxalic acid. *Ind. Crops Prod.*, 2010, **31**, 407-416.
- [2] Bohlmann J.T., Cameselle C., Nunez M.J., Lema J.M.: Oxalic acid production by *Aspergillus niger*. Part II: Optimisation of fermentation with milk whey as carbon source. *Bioprocess Eng.*, 1998, **19**, 337-342.
- [3] Bomstein R. A., Johnson M. J.: The mechanism of formation of citrate and oxalate by *Aspergillus niger*. *J. Biol. Chem.*, 1952, **198** (1), 143-153.
- [4] Cameselle C., Bohlmann J.T., Nunez M.J., Lema J.M.: Oxalic acid production by *Aspergillus niger*. Part I: Influence of sucrose and milk whey as carbon source. *Bioprocess Eng.*, 1998, **19**, 247-252.
- [5] Cleland W. W., Johnson M. J.: Studies on the formation of oxalic acid by *Aspergillus niger*. *J. Biol. Chem.*, 1956, **220** (2), 595-606.
- [6] Dyrektywa 2003/30/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 maja 2005 r. w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych.
- [7] Foryś E., Podgórski W.: Application of replicated  $2^3$  full factorial central composite circumscribed design of experiment (CCC DOE) for the optimization of oxalate biosynthesis by *Aspergillus niger* W78C. *Acta Sci. Pol. Biotechnologia*, 2004, **3** (1-2), 43-53.
- [8] Foryś E., Podgórski W.: Kwas szczawiowy i jego sole. Właściwości, otrzymywanie i zastosowanie. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu. Technologia*. 2004, **11** (1018), 51-69.
- [9] Foryś E., Podgórski W., Kaczyńska M.: Wpływ makroelementów na proces biosyntezy kwasu cytrynowego z glicerolu przez *Aspergillus niger* W78B. *Acta Sci. Pol. Biotechnologia*, 2007, **6** (4), 31-37.
- [10] Lesisz M., Pindel M.: Lotos Biopaliwa – producent FAME w Grupie Lotos. *Przem. Chem.*, 2006, **12** (85), 1580-1584.
- [11] Leśniak W., Pietkiewicz J., Podgórski W.: Citric acid fermentation by trace metal resistant mutant of *Aspergillus niger* on starch and dextrose syrups. *Biotechnol. Lett.*, 2002, **24** (13), 1065-1067.
- [12] Leśniak W., Podgórski W., Pietkiewicz J.: Możliwości zastosowania hydrołu glukozowego do produkcji kwasu cytrynowego. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 1986, **30** (6), 22-25.
- [13] Mandal S.K., Banerjee P.C.: Submerged production of oxalic acid from glucose by immobilized *Aspergillus niger*. *Process Biochem.*, 2005, **40**, 1605-1610.
- [14] Papanikolaou S., Aggelis G.: Biotechnological valorization of biodiesel derived glycerol waste through production of single cell oil and citric acid by *Yarrowia lipolytica*. *Lipid Technol.*, 2009, **21**, 83-87.
- [15] Podgórski W.: Kinetyczny model wzrostu *Aspergillus niger* W78B w okresowym procesie biotransformacji glukozy do kwasu glukonowego. *Inż. Apar. Chem.*, 2005, **44** (36), 79-80.

- [16] Podgórski W., Leśniak W.: Biochemical method of oxalic acid production from beet molasses. Chem. Pap., 2003, **57** (6), 408-412.
- [17] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 czerwca 2007 r. w sprawie Narodowych Celów Wskaźnikowych na lata 2008-2013. Dz. U. 2007 r. Nr 110, poz. 757.
- [18] Rymowicz, W., Rywińska A., Gładkowski W.: Simultaneous production of citric acid and erythritol from crude glycerol by *Yarrowia lipolytica* Wratislavia K1. Chem. Pap., 2008, **62**, 239-246.
- [19] Shu P., Johnson M. J.: The interdependence of medium constituents in citric acid production by submerged fermentation. J. Bacteriol. 1948, **56** (5), 577-585.
- [20] Tęcza W., Kijeński J., Jamróz M.E.: Etery alkilowe gliceryny jako efektywne dodatki do paliw silnikowych. Przem. Chem., 2006, **12** (85), 1594-1596.
- [21] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych. Dz. U. 2006 r. Nr 169, poz. 1199.
- [22] Wasilewicz-Nidebalska W., Kijeński J., Lipkowski A.W., Różycki K.: Postępy w rozwoju badań nad otrzymywaniem biodiesla. Przem. Chem., 2006, **12** (85), 1586-1591.

#### IMPACT OF MACRO-ELEMENTS ON OXALIC ACID BIOSYNTHESIS PROCESS BY *ASPERGILLUS NIGER* WITH GLYCEROL

##### Summary

Oxalic acid is the simplest organic dicarboxylic acid. At the same time, it is a very common plant acid. Despite its toxic properties, it is used in the food industry as an agent to inhibit enzymatic browning of fruits, as a stabilizer to improve the aroma of food products, and as a clarification agent. Owing to the increasing amounts of waste glycerol produced during the production of bio-diesel, there are more and more researches into the application of this waste product as a source of carbon in biotechnological processes.

The objective of this paper was to study the possibility of utilizing glycerol as a source of carbon and energy in the oxalic acid biosynthesis process by *Aspergillus niger* W78C in the shaking flasks-based cultures, as well as to determine the optimum concentration of macro-elements in the medium applied in the process.

In the biosynthesis process, glycerol appeared to be a good source of carbon and energy in the bio-production of oxalic acid. The best bioprocess results, more than 43 g dm<sup>-3</sup> of oxalic acid, were obtained in the variant of the medium containing: 1.30 g dm<sup>-3</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, and 0.3 g dm<sup>-3</sup> of KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> and MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. The lack of phosphorus in the medium was a critical factor as regards the growth of biomass, and this fact significantly limited the production of oxalic acid. Nitrogen was found to be, also, an important component of the medium. The culture developed in the variant with a too low concentration level of this element (0.12 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> dm<sup>-3</sup>) was characterized by a low growth level of biomass and by low values of the product concentration. The presence of magnesium salt was not critical for the process to run. The lack of this component limited the increase in the growth of this product by ca. 2 g dm<sup>-3</sup>.

**Key words:** oxalic acid, *Aspergillus niger*, bio-synthesis, glycerol, biodiesel ☒

GRAŻYNA KRASNOWSKA, ANNA M. SALEJDA

## OCENA WIEDZY KONSUMENTÓW NA TEMAT ZNAKOWANIA ŻYWNOSĆCI

### Streszczenie

Znakowanie środków spożywczych jest nośnikiem wielu informacji ułatwiających podejmowanie przez konsumentów decyzji zakupowych. Celem pracy była ocena wiedzy na temat znakowania i umiejętności wykorzystania przez konsumentów informacji zamieszczonych na opakowaniach żywności. Odpowiedzi na to zagadnienie uzyskano po przeprowadzeniu badań ankietowych, w których sformułowano pytania dotyczące oczekiwań konsumentów w zakresie treści znakowania żywności oraz umiejętności ich wykorzystania w podejmowaniu decyzji zakupowych. Analiza uzyskanych odpowiedzi wskazuje, że sposób prezentacji informacji umieszczonych na opakowaniach jest dla konsumentów raczej zrozumiały. Znacznie poprawiła się czytelność napisów. Polscy konsumenci, podobnie jak w innych krajach europejskich, kupując żywność, najczęściej zwracają uwagę na cenę, datę minimalnej trwałości lub termin przydatności do spożycia oraz markę. Wzrastająca świadomość konsumentów na temat wpływu sposobu odżywiania na zdrowie powoduje coraz większe zainteresowanie informacjami znajdującymi się na opakowaniach produktów żywnościowych, jednocześnie potrzebna jest dobrze przygotowana kampania informująca i ucząca konsumentów rozumienia treści etykiet i napisów na opakowaniach.

**Słowa kluczowe:** znakowanie żywności, zachowania konsumenckie, prawo żywnościowe

### Wprowadzenie

Współczesny klient ma szeroki wybór produktów żywnościowych, a na podstawie informacji zawartej na opakowaniu powinien móc ocenić czy produkt zaspokoi jego potrzeby i oczekiwania. Treść etykiety coraz częściej stanowi dla konsumenta źródło wiedzy o produkcie i sposobie jego użytkowania oraz stanowi swoisty dokument stanowiący o jego jakości. W dużym stopniu o czytelności informacji i możliwości identyfikacji towaru decyduje zastosowana grafika, liternictwo oraz kolorystyka. Etykieta produktów żywnościowych staje się ważnym nośnikiem informacji, które konsument powinien zrozumieć, co bardzo ściśle jest związane z jego edukacją w tym

---

*Dr hab. G. Krasnowska, prof. UP, dr inż. A. M. Salejda, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. C.K. Norwida 25/27, 50-375 Wrocław*

zakresie. Rosnąca pozycja konsumentów w łańcuchu żywnościowym zmusza producentów do rzetelnego znakowania żywności. Niezwykle istotnym jest, aby wszystkie dane zawarte na opakowaniu nie wprowadzały konsumenta w błąd. Obowiązek szczegółowego informowania o cechach wprowadzanego na rynek produktu należy do producenta. Producenci artykułów spożywczych muszą stosować przepisy prawa żywnościowego dotyczące tych zagadnień. W Polsce aktem wykonawczym do ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia [18] są rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 lipca 2007 roku w sprawie znakowania środków spożywczych oraz w sprawie znakowania wartości odżywczej [14, 15]. Ponadto producent żywności musi stosować się do wielu innych szczegółowych wymagań w tym zakresie, które są zawarte w dyrektywach i rozporządzeniach UE oraz aktach krajowych. Bezpieczeństwo konsumenta chronione jest poprzez szczegółowe wymagania, m.in. informowania o zawartości alergenów, czy stosowaniu składników GMO. Konieczne również okazało się uchwalenie przepisów prawnych, mających zapobiegać nadużywaniu przez producentów żywności reklamy swojego produktu, przypisując mu nie udowodnione naukowo właściwości. Zaowocowało to opracowaniem przez Parlament Europejski rozporządzenia 1924/2006 [12] w sprawie oświadczeń żywieniowych i zdrowotnych dotyczących żywności wraz z uzupełniającym go rozporządzeniem 116/2010 [13]. Podstawowym wymaganiem rozporządzenia jest, aby znakowanie, prezentacja i reklama produktów spożywczych [6, 12]:

- nie wprowadzały konsumenta w błąd co do ich cech, w szczególności co do rodzaju, właściwości, składu, ilości, trwałości, źródła lub miejsca pochodzenia oraz metod produkcji;
- nie przypisywały im działania lub właściwości, których nie mają;
- nie przypisywały im właściwości zapobiegania lub leczenia chorób;
- nie sugerowały ich szczególnych właściwości, jeżeli wszystkie podobne środki spożywcze mają te same właściwości.

Równie ważna jest edukacja konsumentów, aby potrafili we właściwy sposób odczytać i zrozumieć zamieszczone na opakowaniu informacje. Całokształt zachowania konsumentów warunkowany jest szeregiem czynników zarówno zewnętrznych, jak i tych, które wynikają z wewnętrznych przesłanek. Do pierwszej grupy zaliczyć można uwarunkowania ekonomiczne, druga grupa obejmuje przede wszystkim potrzeby konsumentów, motywy ich postępowania, postawy wobec produktów czy też osobowość nabywców [1, 4, 7].

Celem pracy była ocena wiedzy konsumentów na temat informacji, które są umieszczone na opakowaniach, umiejętności wykorzystania tych informacji przy podejmowaniu decyzji o zakupie produktu oraz próba określenia czynników socjoekonomicznych wpływających na tę wiedzę.



## Material i metody badań

W badaniach została zastosowana warstwowa próba losowa – populacja została podzielona na wzajemnie wykluczające się grupy, z których następnie wybierano losowo respondentów. W przeciwieństwie do nieograniczonego doboru losowego wzrasta w tym przypadku dokładność wyników, przy zmniejszonej wielkości próby. Jednocześnie obniża to koszty oraz skraca czas badań, a uzyskane wyniki są reprezentatywne nawet, gdy badana populacja jest duża w stosunku do pobranej próby [5, 9, 10]. Badanie przeprowadzono na terenie dwóch miast o różnej liczbie mieszkańców (powyżej 500 tys. i do 100 tys.) i jednej gminy zamieszkiwanej przez ludność wiejską. Ludność z tych miejscowości reprezentuje konsumentów z Polski w proporcjach: 39 % ludność wiejska, 29 % ludność dużych miast i 32% ludność miast średnich [16]. Podczas czteromiesięcznych badań, w roku 2009, około 900 osób poproszono o wzięcie udziału w badaniu. Spośród nich tylko 285 (31,7 %) konsumentów zgodziło się wziąć w nim udział, a 601 osób (68,3 %) odmówiło wypełnienia ankiety. Wśród respondentów uczestniczących w badaniu 111 osób (39 %) było mieszkańcami wsi, 82 osoby (29 %) dużego miasta, a 92 osoby (32 %) miasta średniej wielkości. W pracy przeprowadzono analizę odpowiedzi na pytania zawarte w kwestionariuszu, w którym 11 pytań dotyczyło odpowiedzi związanych z celem badania, a 6 pytań dotyczyło danych osobowych respondenta. W analizie statystycznej wyników zastosowano test  $\chi^2$  sprawdzając hipotezę: udzielane odpowiedzi na pytania z ankiety (pyt. 1-11) są niezależne od zamieszkania Polaków, przyjmując poziom istotności  $\alpha = 0,05$  [17].

## Wyniki i dyskusja

### *Charakterystyka respondentów*

Wśród respondentów 53,7 % stanowiły kobiety, a 46,3 % mężczyźni, podczas gdy, według danych GUS z 2008 r. [16], w Polsce mieszka 51,7 % kobiet i 48,3 % mężczyzn. W tab. 1. przedstawiono profil społeczno-ekonomiczny respondentów uczestniczących w badaniu.

### *Analiza wyników ankiety*

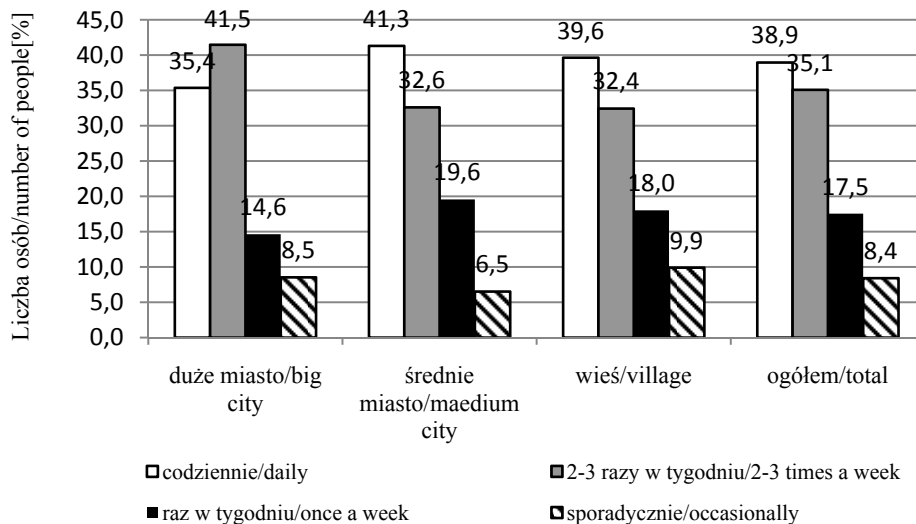
Pierwsze pytanie ankiety dotyczyło częstotliwości robienia zakupów artykułów spożywczych (rys. 1).

Jak wykazano, częstotliwość dokonywania zakupów artykułów spożywczych była nieznacznie zróżnicowana wśród osób zamieszkałych w różnych miejscowościach. Największa liczba respondentów spośród mieszkańców dużego miasta, tj. 41,5 %, kupuje te produkty 2 - 3 razy w tygodniu, natomiast aż 41,3 % mieszkańców miasta średniej wielkości robi zakupy codziennie. Wśród wszystkich grup poniżej 20 % badanych

Tabela 1

Charakterystyka respondentów.  
Profile of respondents.

Wyszczególnienie Specification		Duże miasto Big city		Średnie miasto Medium city		Wieś Village		Razem Total	
		n	[%]	n	[%]	n	[%]	n	[%]
Płeć Sex	kobieta / female	47	57,3	44	47,8	62	55,9	153	53,7
	mężczyzna / male	35	42,7	48	52,2	49	44,1	132	46,3
Miejsce zamieszkania Place of residence	wieś / village	0	0	0	0	111	100	111	38,9
	miasto do 100 tys. mieszkańców city with up to 100 thousand inhabitants	0	0	92	100	0	0	92	32,3
	miasto pow. 100 tys. mieszkańców city with more than 100 thousand inhabitants	82	100	0	0	0	0	82	28,8
Wiek Age	18 - 20 lat / years of age	11	13,4	15	16,3	15	13,5	41	14,4
	21 - 35 lat / years of age	49	59,8	35	38,0	66	59,5	150	52,6
	36 - 50 lat / years of age	15	18,3	25	27,2	20	18,0	60	21,1
	> 50 lat / years of age	7	8,5	17	18,5	10	9,0	34	11,9
Zajęcie Occupation	praca zawodowa employed	39	47,6	35	38,0	49	44,1	123	43,2
	bezrobotny unemployed	3	3,7	7	7,6	13	11,7	23	8,1
	gospodyni domowa housewife	1	1,2	6	6,5	8	7,2	15	5,3
	uczeń / student student	35	42,7	34	37,0	37	33,3	106	37,2
	emeryt / rencista retired person	4	4,9	10	10,9	4	3,6	18	6,3
Miesięczny dochód w rodzinie Household income	< 1000 zł	11	13,4	17	18,5	33	29,7	61	21,4
	1000 – 2000 zł	24	29,3	30	32,6	38	34,2	92	32,3
	2000 – 3000 zł	22	26,8	21	22,8	26	23,4	69	24,2
	> 3000 zł	25	30,5	24	26,1	14	12,6	63	22,1



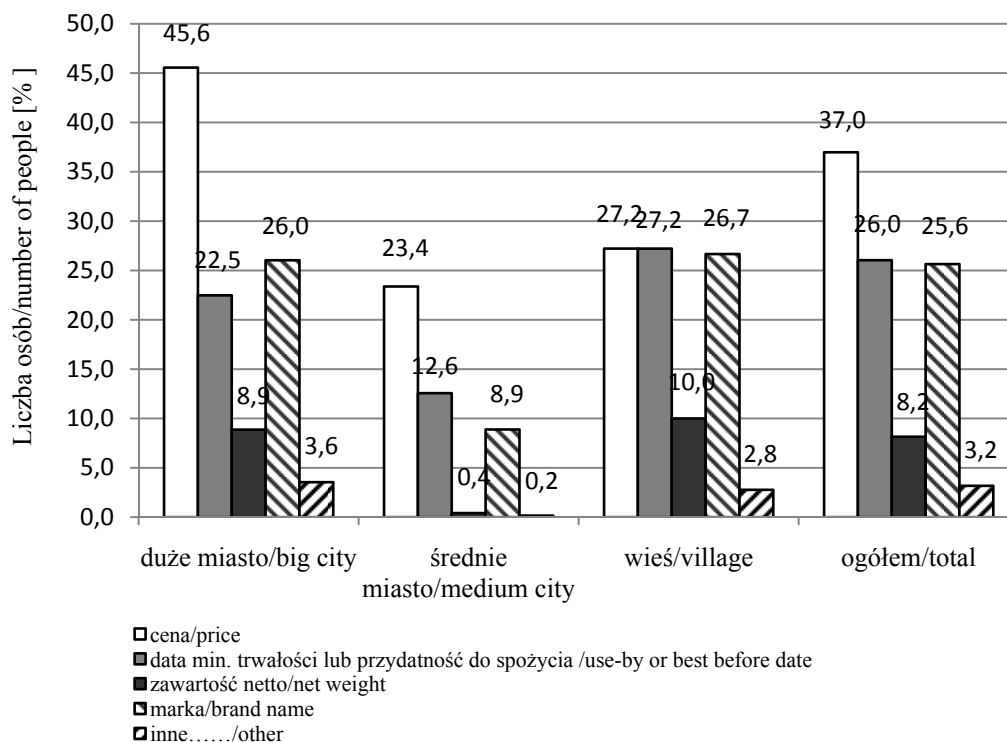
Rys. 1. Częstotliwość robienia zakupów produktów spożywczych.

Fig. 1. Purchase frequency of food products by respondents.

robi zakupy raz w tygodniu, zdecydowanie zaś mniejszy odsetek, czyli niespełna 10%, dokonuje ich sporadycznie. Zestawienie zbiorcze odpowiedzi ankietowych pozwala wnioskować, że wielu polskich konsumentów (38,9 %), niezależnie od miejsca zamieszkania, robi zakupy codziennie.

Badania francuskiej agencji SPAD przeprowadzone w 2005 roku w pięciu krajach UE, także w Polsce, na temat „Rozumienie znakowania żywności przez europejskich konsumentów” dowiodły, że zdecydowana większość Polaków codziennie robi zakupy spożywcze (55 %), 37 % częściej niż jeden raz w tygodniu, 7 % respondentów raz w tygodniu, a jedynie 2 % sporadycznie [3]. Wskazuje to więc na tendencję zmniejszania częstotliwości robienia zakupów spożywczych w społeczeństwie polskim.

W następnym pytaniu respondenci mieli wskazać, na jaką informację przede wszystkim zwracają uwagę, dokonując zakupów produktów żywnościowych? Według przeprowadzonych badań (rys. 2) wykazano, że Polacy kupujący żywność, głównie zwracają uwagę na cenę (37 %), datę minimalnej trwałości lub termin przydatności do spożycia (26 %), markę (25,6 %), zawartość netto (8,2 %), jak również jakość produktu, jego smak, zapach, a także czystość, wygląd opakowania i informacje umieszczone na etykiecie.



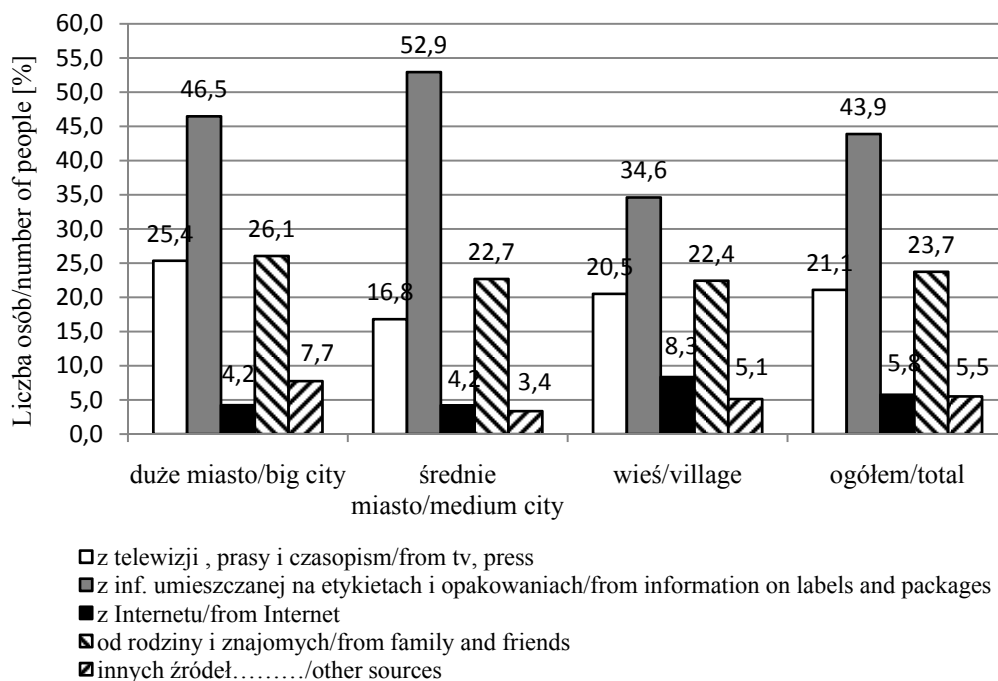
Rys. 2. Na co zwracają uwagę Polacy, kupując żywność.

Fig. 2. What do the Poles take into consideration while purchasing food products?.

Podobne wyniki uzyskano również w badaniach przeprowadzonych przez agencję SPAD w 2005 roku, na podstawie których stwierdzono, że Polacy głównie zwracają uwagę na cenę (88 %), datę minimalnej trwałości lub termin przydatności do spożycia (87 %), zawartość netto (70 %) oraz markę (64 %) [3].

Kolejne pytanie dotyczyło źródeł wiedzy respondentów na temat jakości kupowanych produktów (rys. 3).

Osoby uczestniczące w badaniu typowały więcej niż jedną odpowiedź. Wykazano, że ludzie cenią sobie informacje umieszczone na etykietach i opakowaniach żywności, ponieważ znaczna część osób uczestniczących w badaniu (43,9 %) właśnie z tych danych uzyskuje informacje o jakości produktów.



Rys. 3. Źródła informacji na temat jakości artykułów spożywczych.

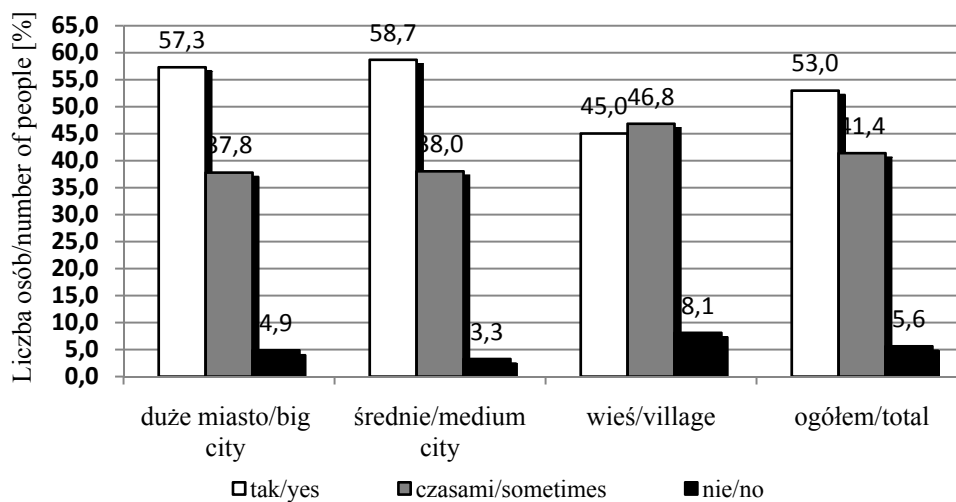
Fig. 3. Sources of information about quality of food products.

Dla respondentów również bardzo ważna okazała się opinia rodziny i znajomych na temat jakości produktów. Taką odpowiedź zaznaczyła grupa licząca 23,7 % ogółu badanych. Istotną rolę dla 21,1 % respondentów mają informacje przekazywane w środkach masowego przekazu, np. w telewizji, natomiast z Internetu informacje o jakości uzyskuje jedynie 5,8 % respondentów. Jako inne źródła informacji ankietowani wskazywali również na fachowe źródła informacji, np. informacje uzyskane na uczelniach i z książek oraz doświadczenie własne i własną (indywidualną) ocenę jakości kupowanych produktów.

Większość Polaków, tj. 53 % odpowiedziało twierdząco na pytanie czy czyta informacje zamieszczone na opakowaniu produktu, jedynie mieszkańcy wsi w mniejszym stopniu interesują się informacjami znajdującymi się na etykiecie (rys. 4). Wskazuje na to największy odsetek osób (8,1 %) deklarujący brak zainteresowania danymi z etykiet i opakowań. Można jednak uznać, że zainteresowanie wyżej wymienionymi informacjami jest w niewielkim stopniu zróżnicowane w zależności od miejsca zamieszkania.

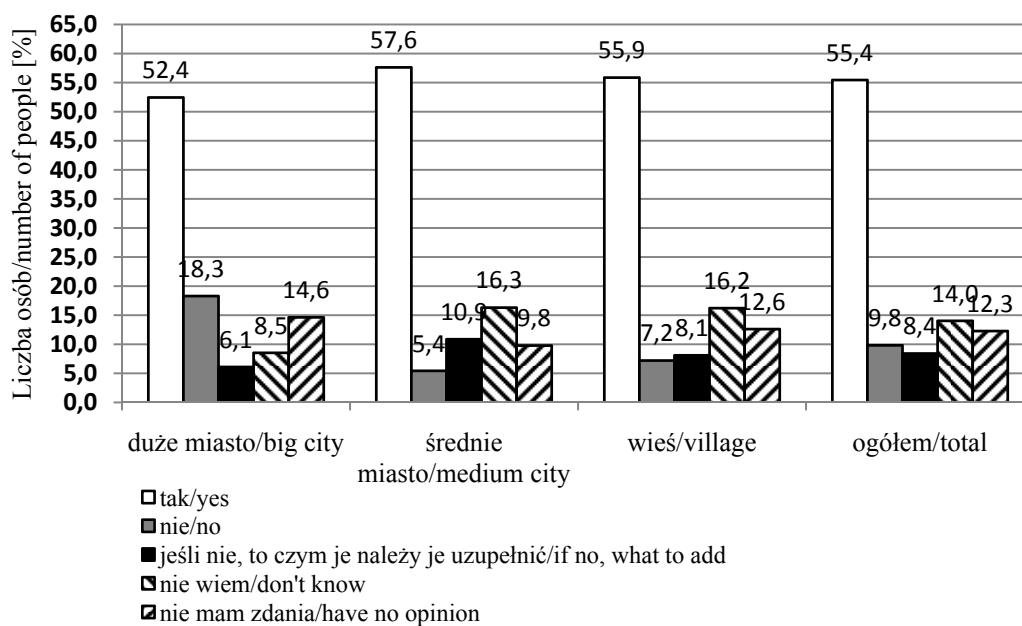
Badania prowadzone wśród konsumentów na temat wiedzy dotyczącej żywności o właściwościach prozdrowotnych [2, 4, 7] wskazują, że zainteresowanie jakością

żywności, jej składem i informacjami zamieszczonymi na opakowaniu jest większe wśród kobiet, osób będących z różnych powodów na diecie oraz ludzi starszych.



Rys. 4. Częstotliwość czytania informacji zamieszczonych na opakowaniu produktu.

Fig. 4. Frequency of reading information placed on food packages.



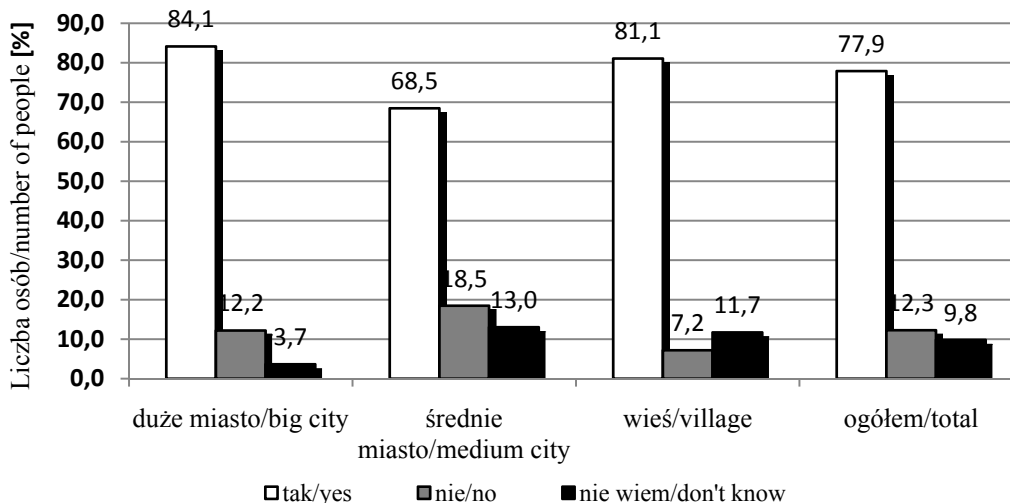
Rys. 5. Ocena informacji zawartych na opakowaniu.

Fig. 5. Assessment of information shown on the package.

Kolejne pytanie było następujące: czy informacje zawarte na opakowaniu są wg Pana/i wystarczające? Większość badanych (ponad 50 %) uważa, że informacje umieszczone na opakowaniach artykułów spożywczych są w zupełności wystarczające. Zdanie to podzielają w podobnym stopniu respondenci wszystkich ankietowanych grup ludności (rys. 5).

Wśród respondentów, zaledwie 10 % grupa wskazała na informacje, które wg nich powinny się znaleźć na opakowaniu środków spożywczych, np. zawartość witamin w produkcie, stosunek cukrów prostych do węglowodanów oraz o zawartości wy-mienników węglowodanów.

Kolejne pytanie dotyczyło informacji o wartości odżywczej i sformułowane było: czy Pana/i zdaniem informacje o wartości odżywczej są umieszczone na opakowaniu? (rys. 6).



Rys. 6. Czy informacja o wartości odżywczej jest umieszczona na opakowaniu środków spożywczych.  
Fig. 6. Is the information about nutrition value placed on food products package?

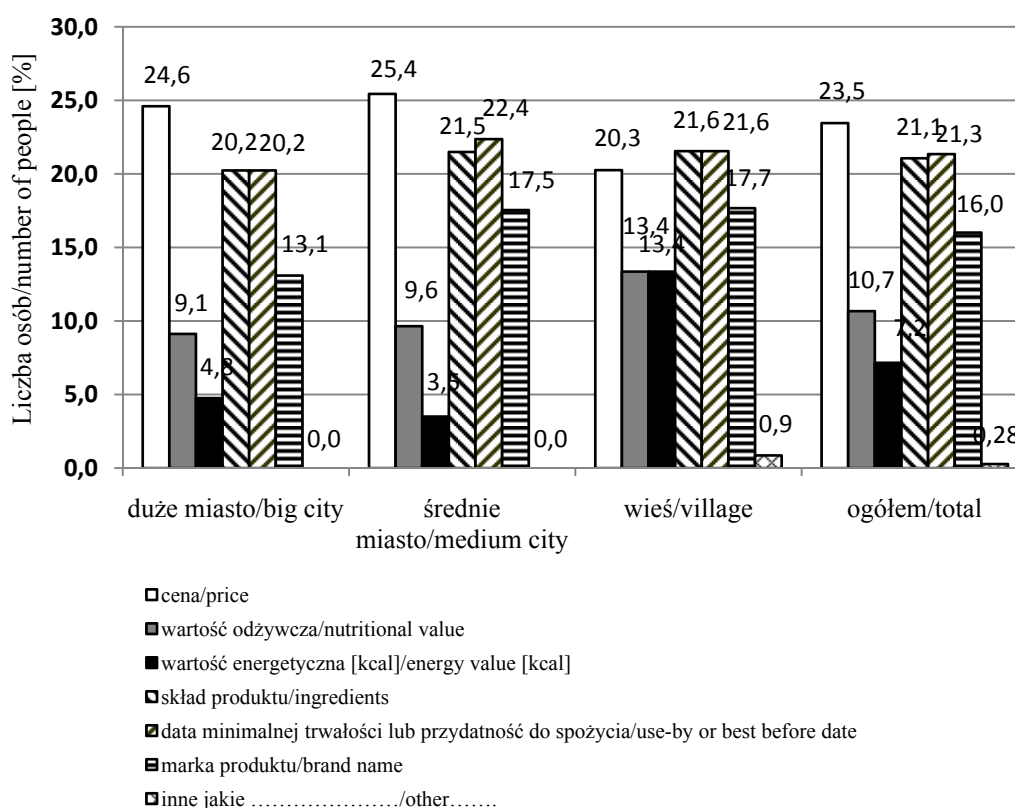
Według uzyskanych danych niemalże 78 % respondentów odpowiedziało, że informacje o wartości odżywczej znajdują się na opakowaniach. Niewielki procent badanych, tj. 9,8 % (wśród mieszkańców dużej aglomeracji miejskiej zaledwie 3,7 %) nie wie, czy taka informacja jest podana.

Przywoływane już wcześniej badania agencji SPAD z 2005 roku prowadzone w pięciu krajach Unii Europejskiej wykazały, że zdecydowana większość respondentów opowiedziała się za obowiązkowym podawaniem informacji o wartości odżywczej na opakowaniach. Jednocześnie niemal 60 % Europejczyków stwierdziło, że interesuje się wartością odżywczą sporadycznie, a 15 % zdecydowanie nie. Według tych wyni-

ków 22 % Polaków interesuje się danymi o wartości odżywczej, 38 % czyta je czasami, 22 % sporadycznie, a 18 % nigdy nie interesowało się tymi informacjami [2, 3].

Na podstawie tych danych i wyników badań własnych uznać należy, że Polacy w większym stopniu interesują się informacjami o wartości odżywczej niż pozostali Europejczycy.

W kolejnym pytaniu respondenci wskazywali, które informacje umieszczone na opakowaniu mogą wpływać na ich decyzje o zakupie.



Rys. 7. Informacje na opakowaniu, a decyzja zakupu.

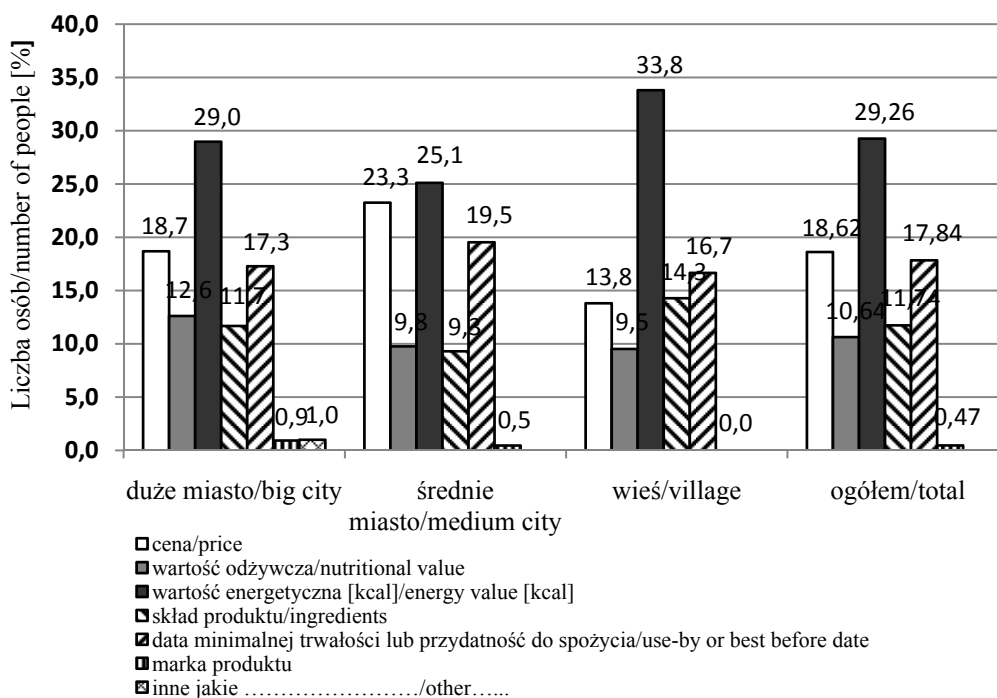
Fig. 7. Information on package vs. purchase decision.

Na podstawie zestawienia odpowiedzi umieszczonych na rys. 7. można ponownie wskazać na cenę, jako najważniejsze kryterium zakupu, ale równie ważnymi informacjami dla respondentów była data minimalnej trwałości i marka produktu. Wartość odżywcza i energetyczna miały mniejsze znaczenie dla konsumentów w podejmowaniu decyzji zakupowych. Podobne spostrzeżenia znajdują odzwierciedlenie w publikacjach z zakresu badania zachowań konsumenckich [1, 8].



Na rys. 8. przedstawiono odpowiedzi na pytanie dotyczące informacji świadczących o jakości produktu.

Wszystkie grupy respondentów podobnie wskazały, że w największym stopniu skład produktu decyduje o jakości żywności, przy czym należy zauważyć, że dla mieszkańców wsi był to wskaźnik znacząco istotniejszy od innych wskazań. Polacy raczej nie wymieniali innych wyróżników jakości, jedynie kraj pochodzenia, wg niektórych respondentów świadczy o jakości produktu.



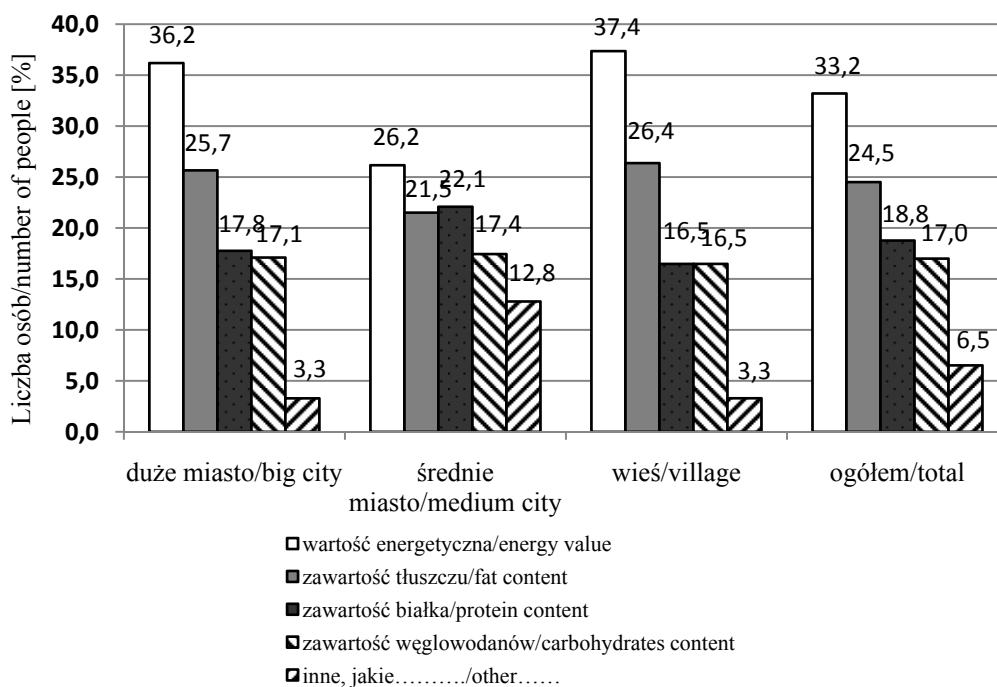
Rys. 8. Jakie informacje świadczą o jakości produktu według respondentów.

Fig. 8. According to the respondents: what information is a proof of product quality?

W dalszej części ankiety respondenci mieli wskazać, które parametry wartości odżywczej produktu są dla nich najbardziej interesujące (rys. 9).

Odpowiadając na to pytanie respondenci najczęściej zaznaczali więcej niż jedną spośród dostępnych odpowiedzi. Wśród danych dotyczących wartości odżywczej produktu Polaków najbardziej interesuje wartość energetyczna (33,2 %), a następnie zawartość tłuszczu (25 %). Wśród respondentów zaobserwowano również zainteresowanie zawartością białka 19 % i tłuszczu 17 %, natomiast 6,5 % osób nie interesuje się wyżej wymienionymi informacjami.

Ankietowani udzielając odpowiedzi na pytanie, czy wszystkie informacje (słowne i graficzne) są zrozumiałe, w większości zaznaczali odpowiedź „raczej tak” (rys. 10). Natomiast 27 % respondentów nie miało wątpliwości co do znaczenia ww. informacji, a jednocześnie kilkanaście procent przyznaje się, że nie umie rozszyfrować tych oznaczeń.

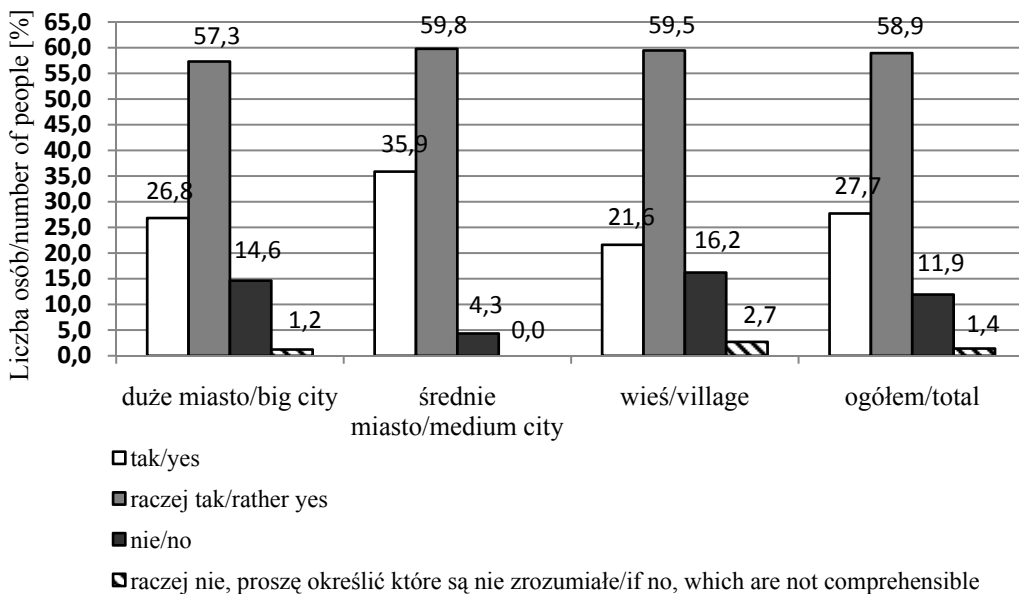


Rys. 9. Parametry wartości odżywczej, którymi interesują się Polacy.

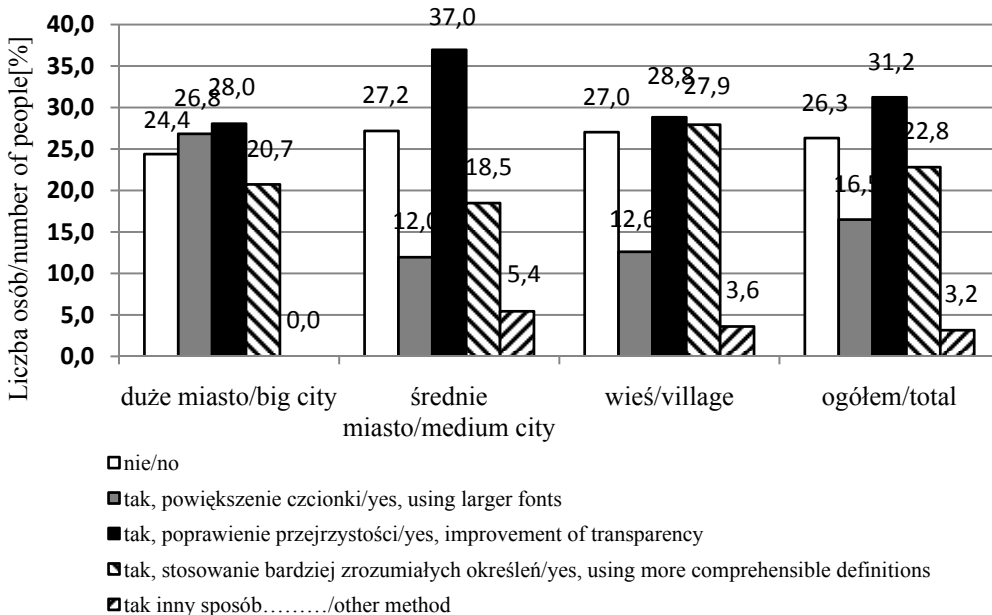
Fig. 9. Parameters of nutritional value the Poles are interested in.

W końcowej części badania poproszono respondentów o wskazanie zmian, jakie należałoby wprowadzić w oznaczeniach na opakowaniach artykułów spożywczych.

Z zaznaczonych odpowiedzi (rys. 11) można wywnioskować, że ponad 20 % respondentów uważa, że sposób prezentacji informacji, które znajdują się na opakowaniach jest dobry i nie wymaga żadnych zmian. Większość respondentów uważa jednak, że należy dokonać ulepszeń. Kilkanaście procent ogółu badanych uważa, że czcionki stosowane na opakowaniach są zbyt małe, co utrudnia odczytywanie informacji, zwłaszcza ludziom o słabszym wzroku. Ponadto około 30 % badanych twierdzi, że sposób prezentacji informacji jest mało przejrzysty. Kolejna grupa, ponad 20 %, ma wątpliwości co do zastosowanych określeń, czyli uogólniając większość badanych ma jakieś zastrzeżenia.



Rys. 10. Zrozumienie informacji graficznych.  
 Fig. 10. Understanding of graphic informations.



Rys. 11. Kierunek pożądanych zmian informacji na opakowaniach wg respondentów.  
 Fig. 11. Direction of desirable changes in the information on packages according to the respondents.

W badaniach przeprowadzonych przez agencję SPAD, w 2005 roku, na terenie Polski wykazano, że dla 67 % Polaków sposób prezentacji informacji na opakowaniu powinien być ulepszony. W analizie tej również wskazywano głównie na potrzebę powiększenia czcionki (65 %), poprawę czytelności (38 %), stosowania bardziej zrozumiałych określeń (33 %) oraz umieszczenia informacji w bardziej widocznych miejscach (30 %) [3]. W badaniach obejmujących krajowy rynek produktów wzbogaconych [4, 7, 11] wykazano, że informacje żywieniowe, w wielu przypadkach, są niezbyt widoczne i mało czytelne. Przeprowadzone w 2007 roku kontrole [19] obejmujące prawidłowość znakowania produktów wykazały uchybienia w około 30 % przypadków. Najwięcej zastrzeżeń dotyczyło żywności pochodzenia zwierzęcego (z przemysłu rybnego, mięsnego i mleczarskiego), niemniej popełniane błędy lub uchybienia nie były zagrażające bezpieczeństwu zdrowotnemu konsumentów. Ponadto stwierdzono wyraźną tendencję malejącą pod względem liczby błędów popełnianych przez producentów żywności.

### Analiza danych za pomocą testu jakości dopasowania $\chi^2$

Analizę danych testem  $\chi^2$  przeprowadzono w odniesieniu do wszystkich 11 pytań ankiety, a wartości krytyczne  $\chi_{\alpha}^2$  zostały odczytane z tabeli rozkładu chi-kwadrat przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  i przy  $(r-1)(k-1)$  stopniach swobody.

Badano zależność pomiędzy odpowiedziami na pytania ankiety (pytania 1-11) a miejscem zamieszkania Polaków, przyjmując poziom istotności  $\alpha = 0,05$  (tab. 2).

Tabela 2

Wyniki testu  $\chi^2$ .  
Results of  $\chi^2$  Test.

Lp No.	Pytanie / Question	Wartość testu $\chi^2$ $\chi^2$ Test Value	Wartość krytyczna Critical value	Wynik Result
1.	Jak często robi Pan/i zakupy produktów spożywczych? How often do you purchase food products?	0,801	12,592	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
2.	Na co zwraca Pan/i głównie uwagę kupując żywność? What do you mainly focus your attention on while buying food products?	0,026	15,507	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
3.	Skąd Pan/i czerpie informacje o jakości kupowanych produktów? What is your source of information about the quality of products?	0,028	15,507	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$

c.d. Tab. 2.

4.	Czy czyta Pan/i informacje zamieszczone na opakowaniu produktu? Do you read information shown on the product package?	0,223	9,48	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
5.	Czy informacje zawarte na opakowaniu są wg Pana/i wystarczające ? Do you think the information on the package is sufficient for you?	0,102	15,507	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
6.	Czy Pana/i zdaniem informacje o wartości odżywczej umieszczone są na opakowaniu? Do you think there is any information about the nutritional value shown on the package?	0,023	9,48	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
7.	Które informacje umieszczone na opakowaniu mogą wpływać na Pana/i decyzje o zakupie? What information shown on the package can impact your purchase decision?	0,01	21,026	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
8.	Jakie wg Pana/i informacje świadczą o jakości produktu? According to you: what information confirms the quality of food product?	0,013	21,026	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
9.	Jakie informacje zawarte w tabeli wartości odżywczej interesują Pana/ią najbardziej? What information in the table with nutritional values are most interesting for you?	0,002	15,507	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
10.	Czy wszystkie informacje (słowne i graficzne) są dla Pana/i zrozumiałe? Is the entire information (wording and graphic) comprehensible for you?	0,42	12,592	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$
11.	Czy uważa Pan/i, że sposób prezentacji informacji znajdujących się na opakowaniu artykułów spożywczych powinny być zmienione (ulepszone)? Jeśli tak to w jaki sposób ? Do you think that the way of presenting information on the product packages should be changed (improved)? If yes, how?	0,018	15,507	$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$

W związku z tym, że wszystkie wartości  $\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$  można przyjąć hipotezę zerową, czyli stwierdzić, że nie istnieje zależność pomiędzy odpowiedziami udzielonymi na pytania znajdujące się w ankiecie a miejscem zamieszkania respondentów (przy  $\alpha \leq 0,05$ ).

### Wnioski

1. Polscy konsumenci, podobnie jak w innych krajach europejskich, kupując żywność najczęściej zwracają uwagę na cenę, datę minimalnej trwałości lub termin przydatności do spożycia oraz markę.

2. Niezależnie czy konsument mieszka na wsi, w małym, czy w dużym mieście wiedza na temat znakowania artykułów spożywczych jest podobna.
3. Według respondentów sposób prezentacji informacji umieszczonych na opakowaniu jest raczej zrozumiały, jednak oczekują ulepszenia opisów na etykietach, a w szczególności poprawienia ich czytelności.
4. Wzrastająca świadomość konsumentów na temat wzajemnych relacji „żywność – żywienie – zdrowie” powoduje coraz większe zainteresowanie informacjami znajdującymi się na opakowaniach artykułów spożywczych, a w szczególności dotyczących składu produktu i jego wartości odżywczej.
5. Wiedza konsumentów na temat znakowania artykułów spożywczych jest ciągle niewystarczająca, ale na pewno zainteresowanie konsumentów w tym zakresie wzrasta, stąd potrzebna jest dobrze przygotowana kampania informująca i ucząca rozumienia etykiet i napisów na opakowaniach, aby dokonywali oni świadomych wyborów przy zakupie żywności.

### Literatura


- [1] Adamczyk G.: Wybrane aspekty zachowań konsumpcyjnych i wzorców spożycia żywności w polskich gospodarstwach domowych w latach dziewięćdziesiątych. *Rocz. AR Poznań, Ekon. CCCXLIII*, 2002, **1**, 31-41.
- [2] Anonim.: Informacja o wartości zdrowotnej i odżywczej produktów żywnościowych w Unii Europejskiej. <http://www.federacja-konsumentow.org.pl>, 2003.
- [3] Anonim.: Rozumienie znakowania żywności przez konsumentów europejskich. <http://www.federacja-konsumentow.org.pl>, 2006.
- [4] Babicz-Zielińska E., Zabrocki R.: Postawy konsumentów wobec prozdrowotnej wartości żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6 (55)**, 81-89.
- [5] Churchill A.: *Badania marketingowe – podstawy metodologiczne*. Wyd. PWN, Warszawa 2002.
- [6] Dyrektywa nr 2000 /13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 marca 2000 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstwa państw członkowskich w zakresie etykietowania, prezentacji i reklamy środków spożywczych. *Dz.Urz.* 2002, L 109/29.
- [7] Górecka D., Czarnocińska J., Idzikowski M., Kowalec J.: Postawy osób dorosłych wobec żywności funkcjonalnej w zależności od wieku i płci. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **4 (65)**, 320-326.
- [8] Górska-Warsewicz H., Pałaszewska-Reindl T.: *Marka na rynkach produktów żywnościowych*. Wyd. SGGW, Warszawa 2002.
- [9] Gutkowska K.: *Badania marketingowe na rynku żywności*. Wyd. SGGW, Warszawa 2002.
- [10] Mazurek-Łopacińska K.: *Badania marketingowe. Podstawowe metody i obszar zastosowań*. Wyd. AE, Wrocław 2005.
- [11] Ratkowska B., Kunachowicz H., Przygoda B.: Krajowy rynek produktów wzbogaconych w witaminy i składniki mineralne wobec wymagań prawnych UE. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6 (55)**, 90-99.
- [12] Rozporządzenie (WE) nr 1924/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 20 grudnia 2006 r. w sprawie oświadczeń żywieniowych i zdrowotnych dotyczących żywności. *Dz. Urz.* 2006, L 409/9.

- [13] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 116/2010 z dnia 9 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1924/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wykazu oświadczeń żywnościowych. Dz. Urz. 2010, L 37/16).
- [14] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 lipca 2007 roku w sprawie znakowania środków spożywczych. Dz. U. 2007. Nr 137, poz. 966.
- [15] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 lipca 2007 roku w sprawie znakowania żywności wartości odżywczej. Dz. U. 2007. Nr 137, poz. 967.
- [16] Rocznik statystyczny. GUS, 2008.
- [17] Rószkiewicz M.: Statystyka kurs podstawowy. Wyd. EFEKT, Warszawa 2002.
- [18] Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia z dnia 26 sierpnia 2006 roku. Dz.U 2006. Nr 171, poz. 1225 z późn. zm.
- [19] Zientek-Varga J.: Plaga złych oznakowań. Agro Trendy, 2007, **21**, 12-13.

## CONSUMER KNOWLEDGE ABOUT FOOD PRODUCT LABELLING

### Summary

Labels on food products are a carrier of lots of information facilitating the consumer purchase decision-making. The objective of the study was to assess the consumer knowledge about the labelling and the ability of consumers to utilize the information shown on food packages. The responses connected with this issue were obtained based on the survey conducted using questionnaires. The questions therein referred to the consumer expectations as regards the contents of food labels and to the consumer ability to utilize them in the purchase decision process. The analysis of the responses given showed that the method of presenting information on the labels on food packages was rather comprehensible for the consumers. The readability of the texts on labels considerably improved. Similar to other European countries, the Polish consumers buying food products focus their attention on the price, the minimum shelf-life or expiration date, and on the brand name. The increasing consumer awareness of the impact of diet on their health causes the interest in information covered by the food products labels to grow. At the same time, a properly developed information campaign is necessary to inform the consumers about the contents shown on the labels on food products packages and to teach them how to understand the information contained therein.

**Key words:** food product labelling, consumer behaviour, food law 

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 31 grudnia 2010 r.

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych (Dz. U. 2010 r. Nr 232, poz. 1525).  
Rozporządzenie dotyczy substancji słodzących, barwników, substancji dodatkowych innych niż substancje słodzące i barwniki, substancji dodatkowych stosowanych w produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci.  
Załączniki do rozporządzenia zawierają m.in.:
  - wykaz dozwolonych substancji dodatkowych stosowanych w żywności,
  - dawki lub poziom oraz warunki stosowania dozwolonych substancji dodatkowych zgodnie z ich funkcjami technologicznymi,
  - maksymalne dopuszczalne poziomy dozwolonych substancji dodatkowych zastosowane do gotowych do spożycia środków spożywczych, przygotowanych według instrukcji producenta.
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 21 grudnia 2010 w sprawie szczególnych wymagań higienicznych w zakresie transportu morskiego luzem cukru surowego, olejów płynnych i tłuszczów (Dz. U. 2010 r. Nr 255, poz. 1718)  
Rozporządzenie określa wymagania higieniczne w transporcie morskim luzem cukru surowego oraz płynnych olejów i tłuszczów. Transport morski cukru surowego luzem, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi i do produkcji żywności bez uprzedniego zastosowania pełnego i efektywnego procesu rafinacji, jest dozwolony w pojemnikach lub kontenerach (zbiornikach), które nie są używane wyłącznie do transportu środków spożywczych. Transport morski luzem płynnych olejów lub tłuszczów, które nie będą poddane dalszemu przetworzeniu, przeznaczone



czonych do spożycia przez ludzi lub których wykorzystanie do tego celu jest możliwe, jest dozwolony w zbiorniku, który nie jest przeznaczony wyłącznie do przewozu środków spożywczych, jeżeli: zbiornik taki jest wykonany ze stali nierdzewnej lub posiada powłokę z żywicy epoksydowej albo jej technicznego odpowiednika; w trzech bezpośrednio poprzedzających transportach w tym zbiorniku przewożone były środki spożywcze. ☒

HENRYK KOSTYRA, ELŻBIETA KOSTYRA

## INTERAKCJE SKŁADNIKÓW ŻYWNOSCI

*Od bieżącego numeru, 1(74)/2011, rozpoczynamy publikowanie nowego cyklu nt.: „Interakcje składników żywności”. Wyrażamy nadzieję, że te syntetycznie opracowane informacje dotyczące powiązania natury chemicznej z aktywnością biologiczną będą dla naszych Czytelników interesujące.*

Żywność jest interaktywnym układem związków chemicznych, które w zależności od środowiska mogą tworzyć złożone struktury o różnorodnej aktywności chemicznej, biologicznej i właściwościach funkcjonalnych. Zrozumienie ich natury chemicznej w powiązaniu z aktywnością biologiczną stanowi podstawę wiedzy o żywności, zarówno w aspekcie żywieniowym, jak i dietetycznym. W cyklu o interakcjach składników żywności prezentowane będą mechanizmy reakcji chemicznych składników żywności z uwzględnieniem środowiska reakcji, co będzie stanowić uzupełnienie informacji zawartych w klasycznych podręcznikach chemii żywności. Zagadnienie prezentowane będą w konwencji: pytanie problemowe – poszukiwanie na nie odpowiedzi.

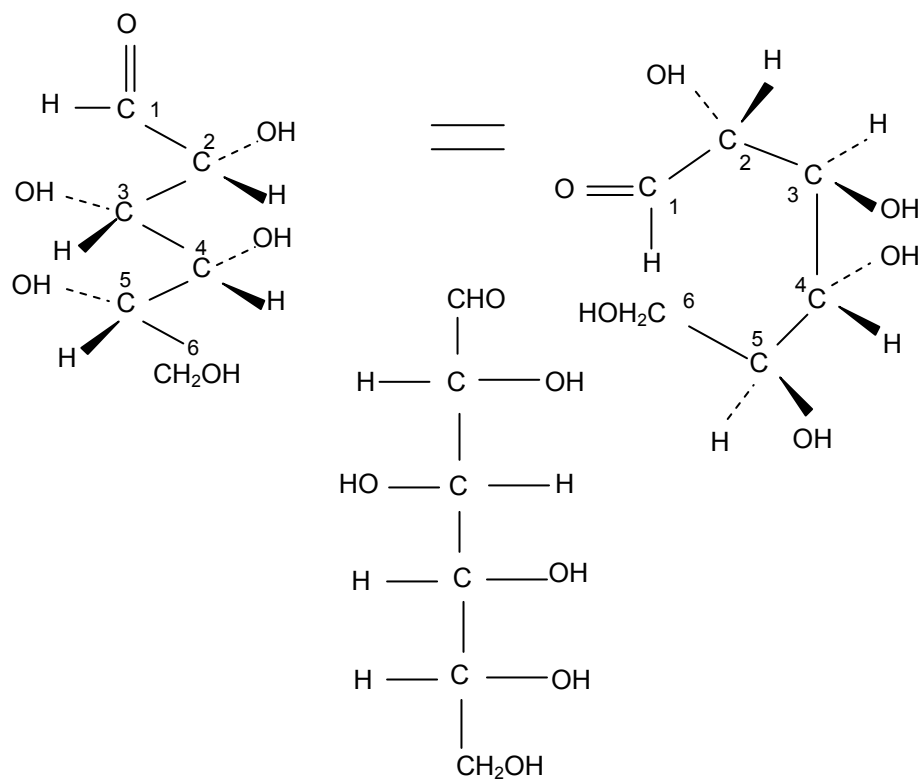
### **Pytanie problemowe: czy struktura łańcucha węglowego glukozy wpływa na jej reaktywność chemiczną? (cz. 1)**

Wiadomo jest, że prawidłowy model przestrzenny glukozy nie ma swych sześciu atomów węgla usytuowanych w prostej linii. Tetraedryczne kąty ( $109^{\circ}28'$ ), jakie tworzą te wiązania, powodują powstawanie „zygzowatego” rozmieszczenia atomów węgla (rys. 1). Nie jest jednak możliwe przedstawienie prawidłowego wzoru rzutowego takiej konformacji „zygzakowatej”. Trudność tę można pokonać przez przekształcenie „zygzakowatej” konformacji atomów węgla w postać „łukową”(rys. 1). Należy wówczas zauważyć, że grupa –CHO (węgiel 1) znajduje się bezpośrednio nad grupą –CH<sub>2</sub>OH (węgiel 6). Jeżeli spojrzeć się po kolei na atomy węgla: drugi, trzeci, czwarty

---

*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*

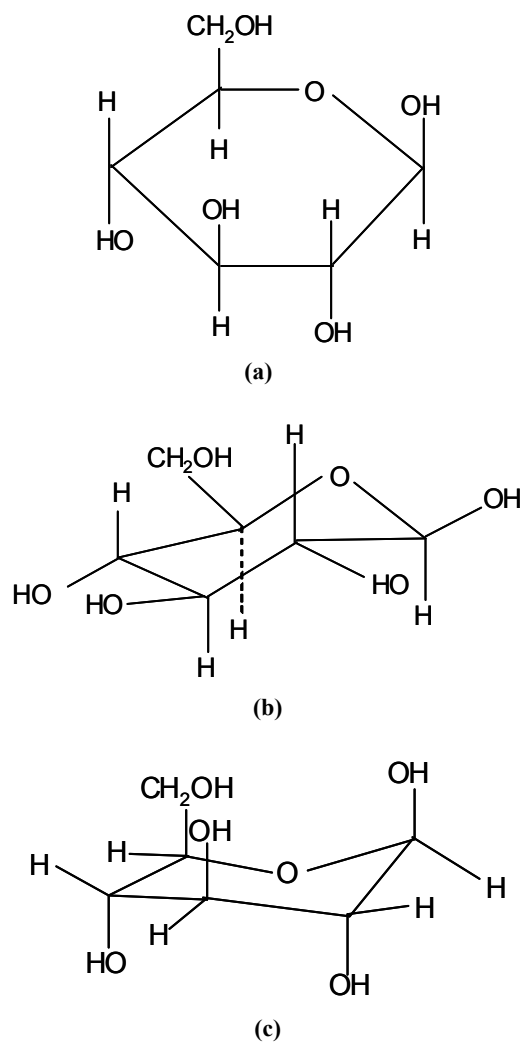
i piąty od strony na zewnątrz łuku, to widać, że w każdym poszczególnym przypadku atomy  $-H$  i grupy  $-OH$  związane z odpowiednimi atomami węgla zwrócone są w kierunku obserwatora i odchodzą od łuku atomów węgla. Możliwe staje się wtedy narysowanie wzoru rzutowego, nieznacznie rozprostowując łuk.



Rys. 1. Przekształcenie „zygzakowatej” konformacji łańcucha węglowego glukozy w konformację „łukową”, a następnie w postać wzoru rzutowego.

Glukoza jest aldehydo-alkoholem, co oznacza że może tworzyć struktury półacetalowe, czyli struktury pierścieniowe. Nie wnikając w szczegóły stereochemii struktur pierścieniowych glukozy, należy pamiętać, że najtrwalsze są konformacje o możliwie najmniejszych naprężeniach kątowych, czyli o minimalnej energii wewnętrznej. Uwzględniając to uwarunkowanie, możliwe są dwie struktury konformacyjne glukozy utworzone w wyniku reakcji grup hydroksylowych (alkoholowych)  $-OH$  przy 4 i 5 atomie węgla z grupą aldehydową  $-CHO$  przy 1 atomie węgla, tworząc pierścienie o budowie furanozowej i piranozowej. By spełnić warunek minimalnej energii wewnętrznej pierścieni węglowy glukozy nie może być płaski, ale musi ulec pofałdowaniu, czyli przyjąć nie płaską konformację. Uprzywilejowana jest zwykle ta konforma-

cja, której oddziaływania między podstawnikami są najmniejsze, tj. gdy podstawniki ustawione są bocznie (ekwatorialnie-równikowo), a przez to oddalone od siebie. Te z podstawników, które ustawione są mniej lub bardziej prostopadle pod lub nad pierścieniem (aksjalnie-południkowo) są bardziej stłoczone i mają tendencję do wzajemnego odpychania (rys. 2).



Rys. 2.  $\beta$ -D-(+)-Glukopiranoza: (a) postać płaska (wzór Hawortha), (b) konformacja krzeselkowa z grupami -OH i -CH<sub>2</sub>OH ekwatorialnymi

Znajomość uwarunkowań budowy łańcuchowej i pierścieniowej glukozy pozwala przejść do pytania dotyczącego wpływu budowy konformacyjnej i środowiska na jej interaktywność, co będzie tematem kolejnej części tego cyklu. ☒



Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Wydział Nauk o Żywności  
Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych  
i Zarządzania Jakością

ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław

tel. 071 3205 121, fax: 071 3205 140, e-mail: ktsz@wnoz.up.wroc.pl, <http://wnoz.up.wroc.pl/wnoz/ktsz>

Szanowni Państwo,

Uprzejmie informujemy, że Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością Wydziału Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu wraz z Wrocławskim Oddziałem PTTŻ organizuje:

**V Międzynarodową Konferencję z cyklu:**

**„QUALITY AND SAFETY IN FOOD PRODUCTION CHAIN”**

**„JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO ZDROWOTNE W ŁAŃCUCHU PRODUKCJI  
ŻYWNOŚCI”**

Konferencja odbędzie się we Wrocławiu w dniach **19-20 września 2011 r.**

Tematyka Konferencji

1. Systemy bezpieczeństwa w łańcuchu produkcji żywności
2. Metody analityczne w żywności
3. Nowe technologie w doskonaleniu żywności tradycyjnej i funkcjonalnej
4. Utrwalanie żywności i systemy opakowań
5. Systemy edukacyjne w budowaniu świadomości i zachowań konsumentów

W konferencji weźmie udział wielu wybitnych specjalistów z kraju oraz zagranicy, którzy wygłoszą referaty plenarne (językiem wykładowym będzie język angielski).

Streszczenia prac będą wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w formie zwartej, natomiast pełne teksty po recenzji w formie monografii.

Oплата za uczestnictwo w konferencji wynosi 700 zł (ulgową dla studentów i doktorantów 600 zł), w tym koszty materiałów konferencyjnych i monografii, wyżywienie, bankiet. Oplata nie obejmuje kosztów dojazdu i noclegu.

Wypełniony formularz zgłoszeniowy wraz ze streszczeniem w języku angielskim prosimy przelać do dnia **31 marca 2011r.**, natomiast opłatę konferencyjną oraz pełne teksty artykułów (8 - 12 stron maszynopisu) nie później niż do dnia **31 maja 2011r.** Oplata należy wpłacać na konto Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nr 62 1020 5242 0000 2102 0029 2045 „**FOOD SAFETY**” **nazwisko i imię**.

Szczegółowe informacje dostępne są na stronie internetowej <http://wnoz.up.wroc.pl/wnoz/ktsz>

Adres do korespondencji:

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością; ul. C.K. Norwida 25; 50-375 Wrocław; tel./fax 071 3205140; e-mail: [ktsz@wnoz.up.wroc.pl](mailto:ktsz@wnoz.up.wroc.pl)  
[www.up.wroc.pl](http://www.up.wroc.pl), <http://wnoz.up.wroc.pl/wnoz/ktsz>

Serdecznie zapraszamy

Sekretarz Konferencji  
dr hab. Grażyna Krasnowska, prof. nadzw. UP  
dr inż. Małgorzata Korzeniowska

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego  
Prof. dr hab. Tadeusz Trziszka

## NOWE KSIĄŻKI

### **Biologicznie aktywne peptydy i białka żywności**

Praca zbiorowa pod red. J. Dziuby i Ł. Fornal

Wydawnictwo: WNT, Warszawa, 2010, ISBN 978-83-204-3582-5, stron 480, cena 89 zł

Zamówienia: [www.wnt.pl](http://www.wnt.pl)

Książka stanowi kompendium wiedzy z zakresu molekularnych i biologicznych właściwości białek i peptydów, które decydują o ich najbardziej istotnym żywieniowym i profilaktycznym znaczeniu. Jest to jedyne na polskim rynku opracowanie będące bogatym źródłem wiedzy z pogranicza biologii, biochemii, immunologii, fizjologii, chemii żywności i dietetyki, które zakresem materiału i głębią ujęcia tematu ściśle odpowiada wymaganiom stawianym interdyscyplinarnemu podejściu do zagadnienia białek i peptydów w żywności i jego wieloaspektowej analizie.

Książka jest przeznaczona dla studentów nauk przyrodniczych i medycznych, szczególnie takich kierunków, jak: technologia żywności i żywienia człowieka, dietetyka, biotechnologia, biologia, farmacja, towaroznawstwo.

Zamówienia: [www.wnt.pl](http://www.wnt.pl)

### **Wybrane zagadnienia z mikrobiologii żywności**

Praca zbiorowa

Wydawnictwo: SGGW, Warszawa, 2010, ISBN: 978-83-7583-190-0, stron 132, cena 25,00 zł.

Zamówienia: [www.wydawnictwosggw.pl](http://www.wydawnictwosggw.pl)

Żywność jest nie tylko źródłem składników odżywczych dla człowieka, ale także może być podłożem do rozwoju wielu mikroorganizmów, w tym również patogennych. Wynika to z zawartości w żywności wody, tlenu i substancji pokarmowych oraz korzystnego pH. Znanych jest około 200 schorzeń przenoszonych drogą pokarmową. Zagrożenia zdrowotne spowodowane wystąpieniem zanieczyszczeń mikrobiologicznych w żywności powodują, że higiena jej wytwarzania staje się najważniejszym elementem produkcji. Stąd osoby zajmujące się produkcją i przetwórstwem żywności powinny mieć wiedzę mikrobiologiczną z zakresu: fizjologii drobnoustrojów, środowiska ich

bytowania, warunków przeżywalności i wzrostu oraz pierwotnych i wtórnych źródeł zanieczyszczenia żywności różną mikroflorą.

Książka składa się z 8 rozdziałów. W czterech pierwszych rozdziałach autorzy przedstawili charakterystykę i metody identyfikacji wybranych bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, gram-dodatnich ziarniaków, beztlenowych bakterii przetrwalnikujących, tlenowych i względnie beztlenowych bakterii przetrwalnikujących. W rozdziale 5. przedstawiono opis przygotowania próbek żywności do badań oraz przeprowadzenia jej analizy mikrobiologicznej. Natomiast w ostatnich trzech rozdziałach dokonano charakterystyki *Salmonella* sp. oraz omówiono metody oznaczania jej w żywności. Ponadto zapoznano czytelnika z charakterystyką "nowych patogenów" w żywności ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju *Listeria* oraz przedstawiono charakterystykę drobnoustrojów wskaźnikowych i metod oceny stanu sanitarnego żywności.

Książka przeznaczona jest głównie dla studentów takich kierunków, jak: technologia żywności, żywienia człowieka, dietetyka, biotechnologia, biologia, towaroznawstwo.

### **Jakość i konkurencyjność w rolnictwie ekologicznym**

Kowalska A.

Wydawnictwo: Difin, Warszawa, 2010, ISBN978-83-7641-322-8, stron 295, cena 50,00 zł.

Zamówienia: [www.ksiegarnia.difin.pl](http://www.ksiegarnia.difin.pl)

Konsumenci w coraz większym stopniu zainteresowani są nabywaniem produktów spożywczych najwyższej jakości, bezpiecznych dla zdrowia, bez środków konserwujących i pozostałości pestycydów, produkowanej metodami nienaruszającymi równowagi środowiska przyrodniczego. Dlatego powrót do ekologicznych metod produkcji nabiera większego znaczenia. Rynek produktów ekologicznych należy aktualnie do najszybciej rozwijających się w krajach Unii Europejskiej. W Polsce ekologiczne metody uprawy zajmują niewielką część produkcji rolniczej (ok. 2 %), a żywność ekologiczna stanowi 0,2 - 0,3 % rynku spożywczego. Szacuje się, że rozwój produkcji metodami ekologicznymi będzie nadal dynamicznie wzrastał.

W podręczniku omówiono funkcjonowanie systemu rolnictwa ekologicznego w Polsce w porównaniu z innymi krajami. Przedstawiono analizę i ocenę teoretycznych i praktycznych aspektów rolnictwa ekologicznego, ze szczególnym uwzględnieniem warunkowań konkurencyjności tego działu oraz określenie wpływu stosowania metod rolnictwa ekologicznego na konkurencyjność producentów owoców i warzyw. Autorka jako główny sposób wzmacniania konkurencyjności ekologicznych gospodarstw rolnych przyjmuje jakość. Stąd też praca w sposób szczegółowy podejmuje problematykę jakości żywności. Badania własne autorki pozwoliły na określenie motywów podejmowania decyzji o wdrożeniu przez producentów owoców i warzyw systemu rolnictwa

ekologicznego oraz umożliwiły oszacowanie kosztów i dochodów z jego wprowadzenia.

Książka adresowana jest do studentów oraz pracowników naukowych kierunków: technologia żywności, żywienie człowieka, biotechnologia, rolnictwo, ochrona środowiska oraz ogrodnictwo, zwłaszcza uniwersytetów rolniczych. Może okazać się również przydatna dla rolników zajmujących się lub zainteresowanych zmianą charakteru produkcji na ekologiczny oraz wszystkich zainteresowanych problematyką rolnictwa ekologicznego.

Opracowała: *Anna Gręda*



## TECHNOLOG ŻYWNOSCI

### INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 21 Nr 1

luty 2011

---

#### DZIAŁALNOŚĆ TOWARZYSTWA

##### Sekcja Młodej Kadry Naukowej

Sekcja przygotowuje kolejną XVI Sesję Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, która odbędzie się w Olsztynie w dniach 12 - 13 maja, a tematem Sesji będzie: „Ewolucja żywności”.

##### Oddział Łódzki i Sekcja Technologii Produktów Pochodzenia Roślinnego PTTŻ

Oddział, wspólnie z Wydziałem Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ oraz Instytutem Chemicznej Technologii Żywności PŁ organizują IV Ogólnopolską Konferencję Naukową Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw, która odbędzie się w Łodzi w dniach 20 – 21 maja 2011 r. Temat Konferencji: „Postępy w technologii i ocenie produktów z owoców i warzyw”

#### WAŻNIEJSZE MIĘDZYKRAJOWE I KRAJOWE KONFERENCJE NAUKOWE W 2011 r.

##### Kwiecień

- 13 – 15 KIRY k. Zakopanego = II Sympozjum Naukowe nt. „Probiotyki w żywności”.**  
Organizatorzy: Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności oraz Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie, Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością oraz Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Zarząd Główny PTTŻ.  
Kontakt: dr inż. Monika Trzaskowska  
Tel. 22 593 70 67 Fax: 22 593 70 68  
e-mail: monika\_trzaskowska@sggw.pl

- 17 – 20 VELIKA PLANA = 2nd International Conference INOPTEP 2011 „Sustainable Postharvest and Food Technologies”. Organizatorzy: National Society of Processing and Energy in Agriculture (PTEP) and Faculty of Agriculture, University of Novi Sad.  
Kontakt: [www.ptep.org.rs](http://www.ptep.org.rs)

### Maj

- 12 - 13 **OLSZTYN = XVI Sesja Naukowa Młodej Kadry Naukowej PTTŻ nt.: „Ewolucja@ żywności”**. Organizatorzy: Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Oddział Olsztyński PTTŻ, Wydział Nauki o Żywności UWM w Olsztynie, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie.  
Kontakt: mgr inż. Aleksandra Grzeškiewicz  
Tel. 89 523 47 91  
e-mail: [smkn@pan.olsztyn.pl](mailto:smkn@pan.olsztyn.pl);  
<http://www.pan.olsztyn.pl/smkn2011>
- 20 - 21 **ŁÓDŹ = IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw**. Organizatorzy: Oddział Łódzki i Sekcja Technologii Produktów Pochodzenia Roślinnego PTTŻ  
Kontakt: <http://snack.p.lodz.pl/kow>
- 17 – 18 **POZNAŃ = “Towaroznawstwo w zapewnieniu jakości żywności i bezpieczeństwa konsumenta”**. Organizatorzy: Katedra Towaroznawstwa Żywności Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.  
Kontakt: dr inż. Bogdan Pacholek  
Tel. 61 856 90 35  
e-mail: [bogdan.pacholek@ue.poznan.pl](mailto:bogdan.pacholek@ue.poznan.pl)
- 18 – 20 PRAHA = First International Conference on Organic Food Quality and Health Research I Konferencja “Jakość żywności ekologicznej i badania w dziedzinie zdrowia”.  
Kontakt: e-mail: [info\(at\)fqh2011.org](mailto:info(at)fqh2011.org).  
[www.fqh2011.org](http://www.fqh2011.org)
- 24 – 27 **OLSZTYN = V Konferencja Naukowa nt. "Właściwości geometryczne, mechaniczne i strukturalne surowców i produktów spożywczych"**. Organizatorzy: Katedra Inżynierii Rolniczej WNT UWM w Olsztynie, Oddział Nauki o Żywności IR-ZiBŻ PAN w Olsztynie, Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki UR w Krakowie, Komitet Agrofizyki PAN, Komitet Techniki Rolniczej PAN.  
Kontakt: mgr Justyna Biedulska  
Tel./fax 89 523453  
e-mail: [justyna.biedulska@uwm.edu.pl](mailto:justyna.biedulska@uwm.edu.pl);  
<http://www.uwm.edu.pl/wnt/ptaolszyn>

- 26 - 27 KIRY k. Zakopanego = Sympozjum Naukowe nt. „Wykorzystanie drobnoustrojów i ich metabolitów w produkcji i utrwalaniu żywności”.** Organizatorzy: Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie oraz Oddział Warszawski PTTŻ.  
Kontakt: dr inż. Anna Chlebowska-Śmigiel  
Tel. 22 593 76 51; Fax: 22 593 76 81  
e-mail: anna\_chlebowska\_smigiel@sggw.pl

Czerwiec

- 6 – 10 POZNAŃ = 13th International Lupin Conference – “Lupin crops – an opportunity for today, a promise for the future”.** Conference is organized under the auspices of the International Lupin Association by the Polish Lupin Association and the Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences.  
Kontakt: e-mail: ilc2011@igr.poznan.pl  
<http://www.igr.poznan.pl>

- 29.06. – 01.07. WARSZAWA = XL Sesja Komitetu Nauk o Żywności PAN nt. „Tradycja i nowoczesność w żywności i żywieniu”.** Organizatorzy: KNoŻ PAN, Wydział Nauk o Żywności SGGW, Oddział Warszawski PTTŻ  
Kontakt: e-mail: konferencja\_knoz@sggw.pl  
<http://50ltawnoz.sggw.pl/index.php>

Lipiec

- 6 – 8 GDAŃSK = Konferencja Euro Food Chem XVI „Translating food chemistry into health benefits”.** Organizatorzy: Wydział Chemii Uniwersytetu Gdańskiego oraz Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie  
Kontakt: dr Kamila Klimaszewska  
e-mail: eurofoodchemxvi@gmail.com  
[www.eurofoodchemxvi@gmail.com](http://www.eurofoodchemxvi@gmail.com)

Sierpień

- 31.08 – 02.09. MEDIOLAN = 2<sup>nd</sup> International ISEKI\_Food Conference: “New Skills and New Jobs, New Tools for Research and Food Process Innovation, Food for Wellbeing: an International Perspective”.** Organizatorzy: Uniersita Degli Studi Di Milano, ISEKI\_Food Projekt, ISEKI Food Association.  
Kontakt: [www.isekiconferences.com](http://www.isekiconferences.com)

Wrzesień

- 7 – 9 LUBLIN = Konferencja Naukowa nt.: „Genetyczne i środowiskowe możliwości dostosowania jakości mleka i mięsa oraz ich przetworów do wymagań konsumentów”.**

Organizatorzy: Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Kontakt: dr hab. inż. Mariusz Florek

Tel. 81 445 66 21; e-mail: mariusz.florek@up.lublin.pl

- 19 - 20 WROCLAW = V Międzynarodowa Konferencja z cyklu: "Quality and safety in food production chain" – „Jakość i bezpieczeństwo zdrowotne w łańcuchu produkcji żywności”**

Organizatorzy: Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością Wydziału Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz Wrocławski Oddział PTTŻ

Kontakt: dr hab. Grażyna Krasnowska, prof. UW

e-mail: ktsz@wnoz.up.wroc.pl; www.up.wroc.pl

#### Listopad

- 24 – 26 LIDZBARK WARMIŃSKI = II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Promocyjna nt. „Żywność regionalna i tradycyjna – aspekty surowcowe, technologiczne i ekonomiczne”.** Organizatorami Konferencji są: Centrum Badań Żywności Naturalnej i Tradycyjnej UWM w Olsztynie, Urząd Marszałkowski Województwa Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, KNoŻ PAN oraz PTTŻ

Kontakt: dr inż. Joanna Klepacka

e-mail: klepak@uwm.edu.pl; www.uwm.edu.pl/cbznt

#### CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, RAISIO POLSKA FOODS Sp. z o.o. Karczew, FRITO – LAY POLAND Sp. z o.o. Grodzisk Mazowiecki, HORTIMEX Sp. z o.o. Konin, Włodzimiera Masłowski Kartezjusz A Votre Service, Warszawa.**

Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o., Bielsko-Biała.**

Przy Oddziale Szczecińskim: **Hartim Szczecin**

---

*Materiał zawarty w Nr 1 (74)/2011 Biuletynu podano według stanu informacji do 1 lutego 2011 r. Materiały do Nr 2 (75)/2011 prosimy nadsyłać do 1 kwietnia 2011 r. na adres Redakcji Czasopisma.*

---

#### KOMUNIKAT

Informujemy P.T. Autorów, że aktualne *Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne* publikujemy na stronie **www.pttz.org**

**Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji  
Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności**

<b>PREZES / ODDZIAŁ</b>	<b>ADRES</b>
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	PL, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ Tel.: 042 631 34 54 (66); e-mail: lucjan.krala@p.lodz.pl
Dr hab. inż. Grażyna Jaworska, prof. UR 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
Dr hab. Grażyna Lewandowicz, prof. UP 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
<b>SEKCJE</b>	
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	WSliZ, 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. Waław 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 Prod. Poch. Roślinnego	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