

WSPÓŁCZESNE TRENDY W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI ŻYWNOSTCI



POD REDAKCJĄ
DOROTY PIASECKIEJ-KWIATKOWSKIEJ
RENATY CEGIELSKIEJ-RADZIEJEWSKIEJ

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Poznań, 2016

WSPÓŁCZESNE TRENDY W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI ŻYWNOSTI



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu



SPONSORZY



ColianTM



Zeelandia

stwarzamy możliwości

WSPÓŁCZESNE TRENDY W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI ŻYWNOŚCI

Redakcja naukowa

Dorota Piasecka-Kwiatkowska
Renata Cegielska-Radziejewska

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Poznań 2016

Redakcja naukowa

Dr hab. inż. Dorota Piasecka-Kwiatkowska

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr hab. Renata Cegielska-Radziejewska

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

© Copyright by

Polskie Towarzystwo Technologów Żywności Oddział Wielkopolski

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań 2016

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody Wydawcy.

ISBN 978-83-7160-834-6

Redakcja

Joanna Le Thanh-Blicharz

Jacek Lewandowicz

Projekt okładki

Przemysław Kowalczewski

Wydawca

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 28

60-637 Poznań

Ark wyd. 8,69

Wydanie I

Poznań 2016

Recenzenci

Dr hab. Hanna Maria Baranowska

Katedra Fizyki i Biofizyki

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr hab. Renata Cegielska-Radziejewska

Katedra Zarządzania Jakością Żywności

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Prof. dr hab. inż. Danuta Górecka

Katedra Technologii Żywności Człowieka

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr inż. Joanna Le Thanh-Blicharz

Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego

Prof. dr hab. inż. Grażyna Lewandowicz

Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr inż. Agnieszka Makowska

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr hab. inż. Krzysztof Melski

Katedra Przyrodniczych Podstaw Jakości

Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Dr hab. inż. Dorota Piasecka-Kwiatkowska

Katedra Biochemii i Analizy Żywności

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr inż. Michał Piątek

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Prof. dr hab. inż. Edward Pospiech

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr hab. inż. Dorota Walkowiak-Tomczak

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Autorzy

Hanna Maria Baranowska

Katedra Fizyki i Biofizyki

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Róża Biegańska-Marecik

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Beata Chabłowska

Zakład Technologii Fermentacji

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego

Sylwia Chudy

Katedra Technologii Mleczarstwa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Bożena Danyłuk

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Krzysztof Dziedzic

Katedra Dietetyki i Kosmetologii

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie

Urszula Gierałtowska

Katedra Ubezpieczeń i Rynków Kapitałowych

Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Uniwersytet Szczeciński

Danuta Górecka

Katedra Technologii Żywienia Człowieka

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Anna Gramza-Michałowska

Katedra Technologii Żywienia Człowieka

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Bożena Grześ

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Małgorzata Gumienna

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Ewa Iwańska

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Joanna Jankowiak

Katedra Technologii Żywienia Człowieka

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dorota Kalicka

Zakład Technologii Mleczarstwa

Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

Marcin Kidoń

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Ryszard Kowalski

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Mirosława Krzywdzińska-Bartkowiak

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Bartosz Kluczyński

Katedra Technologii Żywienia Człowieka

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Halina Makała

Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, im. prof. Wacława Dąbrowskiego,

Łukasz Masewicz

Katedra Fizyki i Biofizyki

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Anna Matysiak

Katedra Chemii

Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Beata Mikołajczak

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Karolina Młynarczyk

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Magdalena Montowska

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Anna Ostrowska-Kołodziejczak

Katedra Chemii

Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Małgorzata Pawłós

Zakład Technologii Mleczarstwa

Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

Juliusz Perkowski

Katedra Chemii

Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Katarzyna Pers

Katedra Fizyki i Biofizyki

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Katarzyna Piasecka-Jóźwiak
Zakład Technologii Fermentacji
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego

Michał Piątek
Instytut Technologii Mięsa
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Anna Polczyńska
Wielkopolskie Centrum Klasteringu
Instytut Logistyki i Magazynowania

Edward Pospiech
Instytut Technologii Mięsa
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Elżbieta Radziejewska-Kubzdela
Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Joanna Rozmierska
Zakład Technologii Fermentacji
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego

Katarzyna Siwińska
Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Anita Spychaj
Instytut Technologii Mięsa
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Krystyna Stecka
Zakład Technologii Fermentacji
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego

Kinga Stuper-Szablewska
Katedra Chemii
Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Emilia Szafarz
P.P.H.U. MIPAMA Import-Export E.Z.

Magdalena Szafarz
P.P.H.U. MIPAMA Import-Export E.Z.

Katarzyna Szajnar
Zakład Technologii Mleczarstwa
Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

Hanna Śmigielska
Katedra Przyrodniczych Podstaw Jakości, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Dorota Walkowiak-Tomczak
Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Agata Znamirska
Zakład Technologii Mleczarstwa
Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

SPIS TREŚCI

Streszczenie.....	12
Wstęp	15
<i>Katarzyna Piasecka-Józwiak, Joanna Rozmierska, Beata Chabłowska, Krystyna Stecka</i> Bakteryjne kultury starterowe jako gwarancja dobrej jakości pieczywa ekologicznego o cechach funkcjonalnych.....	16
<i>Dorota Kalicka, Agata Znamiorska, Małgorzata Pawłos, Katarzyna Szajnar</i> Właściwości jogurtów kozich w zależności od rodzaju dodanych substancji słodzących w czasie przechowywania chłodniczego	25
<i>Hanna Śmigielska</i> Ocena możliwości zastosowania skrobi wzbogaconej jako zagęstnika do produkcji jogurtów funkcjonalnych.....	37
<i>Danuta Górecka, Krzysztof Dziedzic, Emilia Szafarz, Magdalena Szafarz</i> Ocena właściwości funkcjonalnych glukomannanu.....	46
<i>Bartosz Kulczyński, Anna Gramza-Michałowska, Joanna Jankowiak</i> Aktywność biologiczna zielonej herbaty	55
<i>Karolina Młynarczyk, Dorota Walkowiak-Tomczak, Katarzyna Siwińska, Marcin Kidoń, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela, Róża Biegańska -Marecik</i> Porównanie wybranych właściwości soków i dżemów z owoców bzu czarnego	67
<i>Kinga Stuper-Szablewska, Anna Ostrowska-Kołodziejczak, Anna Matysiak, Juliusz Perkowski</i> Profil związków biologicznie czynnych w ziarnie pszenicy różnej wielkości.....	77
<i>Sylwia Chudy, Urszula Gierałtowska, Mirosława Krzywdzińska-Bartkowiak, Michał Piątek</i> Pomiar barwy produktów mleczarskich	85
<i>Beata Mikołajczak, Ewa Iwańska, Bożena Grześ, Edward Pospiech</i> Zmiany udziału wybranych białek mięsa wieprzowego wychładzanego ze zróżnicowaną szybkością	96
<i>Mirosława Krzywdzińska-Bartkowiak, Michał Piątek, Małgorzata Gumienka, Ryszard Kowalski, Magdalena Montowska, Sylwia Chudy</i> Jakość sensoryczna kiełbasy typu parówkowa z udziałem suszonego bobu fermentowanego	105
<i>Łukasz Masewicz, Halina Makala, Katarzyna Pers, Hanna Maria Baranowska</i> Ocena zdolności wiązania wody w modelowych układach mięsno - tłuszczowych zawierających olej roślinny	118
<i>Bożena Grześ, Beata Mikołajczak, Ewa Iwańska, Anita Szychaj, Bożena Danyluk Edward Pospiech</i> Analiza wybranych właściwości mięsa wieprzowego poddanego zróżnicowanej szybkości schładzania.....	127
<i>Anna Polczyńska</i> Ruch klastrowy jako czynnik wspomagający innowacyjność wielkopolskiej gospodarki. Polityka klastrowa wcześniej i dziś.....	136

STRESZCZENIE

Celem prezentowanej monografii jest przedstawienie obserwowanych w ostatnich latach trendów związanych z kształtowaniem jakości produkowanej żywności. Nawyki żywieniowe, charakterystyczne dla społeczeństw krajów uprzemysłowionych, a jednocześnie wzrastająca świadomość konsumentów dotycząca wartości żywieniowej, wymagają od producentów poprawy jej walorów żywieniowych przy zachowaniu pożądanych cech sensorycznych. Nadmierna podaż energii, spożywanie oczyszczonych przetworów zbożowych i wysoko przetworzonych produktów mięsnych powoduje powstawanie zaburzeń metabolicznych i rozwój licznych chorób cywilizacyjnych, takich jak: cukrzyca, osteoporoza, otyłość, nadciśnienie tętnicze, choroba niedokrwienna czy nowotwory.

Akceptacja żywności o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego i β -glukanu, mimo walorów prozdrowotnych limitowana jest niską oceną sensoryczną. Dlatego też w rozdziale pierwszym podkreślono możliwość wykorzystania bakterii fermentacji mlekowej w produkcji pieczywa zakwasowego z mąk niechlebowych, jako sposobu umożliwiającego poprawę jego właściwości organoleptycznych i prozdrowotnych oraz przedłużenie trwałości. Jest to szczególnie ważne w produkcji żywności ekologicznej, w której ogranicza się stosowanie dodatków technologicznych.

Żywność z dodatkiem substancji słodzących pochodzenia naturalnego jest pozytywnie postrzegana przez konsumentów, ale związki te mogą niekorzystnie wpływać na jej jakość sensoryczną. W rozdziale drugim przedstawiono możliwość wykorzystania stewii i izomaltulozy jako zamienników sacharozy lub syropu fruktozowo-glukozowego w jogurtach z mleka koziego. Ocenie poddano kwasowość, teksturę i cechy sensoryczne produktu.

W kolejnym rozdziale przedstawiono wyniki badań, w których zaproponowano wykorzystanie skrobi modyfikowanej, jako zagęstnika i nośnika mikroelementów, takich jak żelazo i cynk, w produkcji jogurtów. Wykazano, że rodzaj modyfikacji skrobi ma wpływ na teksturę jogurtów oraz ich kwasowość i wielkość odcieku, natomiast rodzaj soli i dodanego mikroelementu w mniejszym stopniu wpływa na powyższe właściwości. Uzyskane wyniki pozwalają sądzić, iż skrobia utleniona wzbogacona solami żelaza i cynku może być rekomendowana do produkcji jogurtów.

W rozdziale czwartym omówiono działanie glukomannanu, substancji charakteryzującej się wielokierunkowym pozytywnym działaniem w organizmie człowieka. Możliwość wykorzystania preparatu w produkcji żywności wiąże się jednak z poznaniem jego właściwości funkcjonalnych, tj. żelowania, rozpuszczalności i lepkości w różnej temperaturze i w różnym środowisku. Oceniono właściwości funkcjonalne glukomannanu w zależności od temperatury i odczynu środowiska oraz obecności innych substancji, takich jak: agar, karagen i żelatyna.

W ostatnich latach w piśmiennictwie światowym często dyskutowanym zagadnieniem są przeciwutleniacze, ich aktywność w żywności oraz potencjalny wpływ na profilaktykę chorób cywilizacyjnych. Nie dziwi więc, że na te kwestie zwrócono uwagę w trzech kolejnych rozdziałach. Zaprezentowane w tej części monografii wyniki badań potwierdzają szerokie prozdrowotne działanie zielonej herbaty. Zawarte w niej katechiny o wysokim potencjale przeciwutleniającym wykazują działanie przeciwnowotworowe, hipolipemiczne,

hipoglikemiczne i przeciwdrobnoustrojowe. W rozdziale siódmym określono profil związków biologicznie czynnych, takich jak kwasy fenolowe i kwasy tłuszczowe oraz aktywność przeciwutleniającą w ziarnach pszenicy różnej wielkości. Uzyskane wyniki wykazały następujące tendencje: wraz z wzrostem wielkości ziarniaków maleje aktywność przeciwutleniająca oraz ilość kwasów fenolowych. W przypadku kwasów tłuszczowych zależność ta jest odwrotna. Wysoką zawartość naturalnych przeciwutleniaczy i polifenoli, eliminujących wolne rodniki i zapobiegających stresowi oksydacyjnemu stwierdzono również w owocach i przetworach z bzu czarnego. Najwyższą zawartość przeciwutleniaczy stwierdzono w surowcu, czyli owocach bzu czarnego, z których przygotowano produkty własne. Ponadto analizowane owoce i przetwory z bzu czarnego charakteryzowały się pożądaną barwą.

Barwa produktu jest istotnym wyróżnikiem jego jakości, co omawiano również w rozdziale siódmym. Przedstawiono tam teorię dotyczącą oceny barwy produktów spożywczych oraz określono minimalną liczbę pomiarów w ocenie wybranych artykułów mleczarskich.

Wzrost świadomości konsumentów w zakresie zdrowego odżywiania przyczynia się do zainteresowania produktami o obniżonej zawartości tłuszczu. Wychodząc temu naprzeciw producenci wprowadzają na rynek takie produkty. W rozdziale dziesiątym zamieszczono wyniki badań farszów wędlin drobno rozdrobnionych typu parówkowa, w których dokonano częściowej wymiany tłuszczu. Wykazano, że substytucja tłuszczu suszonym bobem fermentowanym w wyprodukowanych wędlinach nie miała istotnego wpływu na pogorszenie wyróżników oceny sensorycznej.

Stosowanie zamienników tłuszczu zwierzęcego pozwala również poprawić jakość i profil składu kwasów tłuszczowych w przetworach mięsnych. Temu zagadnieniu poświęcony jest rozdział jedenasty, gdzie przedstawiono rezultaty badań nad wpływem częściowej wymiany tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym oraz dodatkiem błonnika. Przeprowadzone badania potwierdziły zasadność wykorzystania zarówno oleju roślinnego jak i preparatu błonnika jako dodatku do wyrobów mięsnych.

W kształtowaniu jakości surowca istotną rolę odgrywają poszczególne etapy jego pozyskiwania. Ważnym ogniwem w produkcji mięsa wysokiej jakości, przeznaczonego zarówno na cele kulinarne jak i przetwórcze jest schładzanie poubojowe tusz zwierząt rzeźnych. W ostatnich latach dużą uwagę poświęca się szybkim metodom wychładzania tusz wieprzowych, które w większości przypadków korzystnie wpływają na jakość mięsa. W rozdziale dziewiątym określono zmiany udziału wybranych białek mięśniowych i wodochłonności mięsa wychładzanego z różną szybkością. Stwierdzono istotny wpływ zarówno szybkości procesu wychładzania jak i czasu przechowywania na wielkość wycieku. W rozdziale dwunastym oceniono wybrane właściwości mięsa wieprzowego poddanego zróżnicowanej szybkości schładzania. Wykazano, że zwiększenie szybkości wychładzania mięsa wieprzowego przy równoczesnym zastosowaniu zabiegu przeciwdziałającego skurczowi chłodniczemu, może skutkować polepszeniem jego właściwości kulinarnych i technologicznych.

W ostatnim rozdziale podkreślono znaczenie ruchu klastrowego jako czynnika wspomagającego innowacyjność gospodarki w Wielkopolsce. Wskazano, że organizacje klastrowe, będące strukturami skupiającymi potencjał organizacyjny i technologiczny będą odgrywać znaczącą rolę we wzmacnianiu i konkurencyjności gospodarki regionu.

Słowa kluczowe: innowacja, aktywność przeciwutleniająca, barwa, wodochłonność, ocena sensoryczna, właściwości funkcjonalne

WSTĘP

Jakość żywności dla współczesnego konsumenta to nie tylko jego atrakcyjność sensoryczna, ale także prozdrowotna i funkcjonalna. Odpowiadając na wzrastające oczekiwania nabywców, producent kształtuje jakość produktu już na etapie jego projektowania, a postęp w dziedzinie analityki i technologii wspiera i umożliwia mu podjęcie odpowiednich działań. Wytwarzanie innowacyjnych produktów, uwzględniających zarówno preferencje konsumentów jak i zmieniające się wymagania gospodarki rynkowej jest też konieczne ze względu na wzrastającą konkurencję na rynku.

W ostatnich latach stwierdzono wzrost zainteresowania konsumentów żywnością o cechach prozdrowotnych, która oprócz dostarczania określonej wartości odżywczej wykazuje korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Nabywcy coraz częściej, jako kryterium wysokiej jakości produktów, podają nie tylko jej właściwości sensoryczne i wartość odżywczą, ale także wskazują na walory prozdrowotne. Obserwowany trend jest efektem edukacji konsumentów w zakresie żywienia, a przez to lepszego zrozumienia przez nich znaczenia diety dla stanu zdrowia. Wzrost zachorowań na choroby związane z nieprawidłowym stylem życia stanowi jedną z istotnych przyczyn obserwowanego, zwiększonego popytu na produkty o zmienionym składzie. Wskazuje się, że spożycie wysokoenergetycznych produktów o dużej zawartości tłuszczu, cukru i soli oraz ograniczenie aktywności fizycznej to główne czynniki warunkujące występowanie chorób cywilizacyjnych. Produkty, o obniżonej zawartości składników wywołujących te choroby uznawane są przez konsumentów za wysokiej jakości. Doskonalenie metod pozwalających oceniać oddziaływanie biologicznie aktywnych składników żywności na organizm człowieka, umożliwia kształtowanie jakości produktów odpowiadających na zwiększone oczekiwania różnych grup konsumentów.

Podział żywności prozdrowotnej jest różny i zależy od przyjętych kryteriów. Produkcja tego typu żywności może polegać na jej wzbogacaniu w substancje bioaktywne, eliminacji lub stosowaniu zamienników składników niepożądanych lub zwiększaniu biodostępności składników odżywczych. Należy jednak podkreślić, że w tym przypadku wysoka jakość produktów wiąże się z korzystnym oddziaływaniem na organizm, co wymaga potwierdzenia w badaniach modelowych i klinicznych.

Produkcja żywności prozdrowotnej wymaga uwzględnienia kwestii ekonomicznych, bezpieczeństwa zdrowotnego produktów i ich akceptowalności przez konsumentów.

Współcześnie produkcja żywności postrzeganej przez konsumentów jako wysokiej jakości wymaga więc współpracy środowisk naukowych z praktyką przemysłową. Niniejsza monografia adresowana jest głównie do kadry naukowej i technicznej pracującej na rzecz gospodarki żywnościowej, ale może też być przydatna dla studentów wydziałów technologii żywności oraz wszystkich zainteresowanych jakością żywności.

Dorota Piasecka-Kwiatkowska, Renata Cegielska-Radziejewska

KATARZYNA PIASECKA-JÓŹWIAK, JOANNA ROZMIERSKA,
BEATA CHABŁOWSKA, KRYSTYNA STECKA

*Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
piasecka@ibprs.pl*

BAKTERYJNE KULTURY STARTEROWE JAKO GWARANCJA DOBREJ JAKOŚCI PIECZYWA EKOLOGICZNEGO O CECHACH FUNKCJONALNYCH

Streszczenie

Zastosowanie bakterii fermentacji mlekowej w produkcji pieczywa zakwasowego z mąk niechlebowych pozwala na poprawę jego właściwości organoleptycznych, prozdrowotnych, a także trwałości. Jest to ważne przy produkcji w systemie ekologicznym tj. przy ograniczeniu stosowania dodatków technologicznych. W pracy zastosowano kulturę starterową złożoną z wyizolowanych z zakwasów jęczmiennych i owsianych autochtonicznych bakterii fermentacji mlekowej. Wypieki doświadczalne wykonano w piekarni ekologicznej, a następnie oceniono pod względem jakości, w tym sensorycznej, a także zawartości związków prozdrowotnych to jest błonnika pokarmowego i β -glukanu. Największą zawartością błonnika i β -glukanu (odpowiednio 8,5 g/100 g i 0,82 g/100 g) charakteryzowało się pieczywo zawierające 50% surowców niechlebowych (mąki jęczmiennej i płatków owsianych) w tym 20% mąki jęczmiennej wprowadzonej w zakwasie. Pieczywo zostało ocenione jako atrakcyjne pod względem smaku i zapachu.

Słowa kluczowe: pieczywo funkcjonalne, pieczywo owsiane, pieczywo jęczmienne, β -glukan

Wprowadzenie

Zmiana nawyków żywieniowych społeczeństw krajów uprzemysłowionych, w tym nadmierna podaż energii, oczyszczonych przetworów zbożowych i wysoko przetworzonych produktów mięsnych powoduje powstawanie zaburzeń metabolicznych i rozwoju chorób cywilizacyjnych takich jak: cukrzyca insulinozależna, choroba niedokrwienna, zawał serca.

Produkty ekologiczne postrzegane są przez konsumentów jako zdrowsze od tradycyjnych, co wynika ze sposobu ich otrzymywania, wykorzystania tradycyjnych technologii, a także ograniczenie stosowania dodatków polepszających smak i teksturę żywności. Produkty takie mogą się charakteryzować mniej doskonałym wyglądem zewnętrznym w porównaniu do ujednoliconych (pod względem smaku i wyglądu) produktów rolnictwa konwencjonalnego.

Owies i jęczmień są bogatym źródłem błonnika pokarmowego, nieskrobiowych polisachrydów, w szczególności β -glukanów i pentozanów, zawierają liczną grupę związków polifenolowych (kwasy fenolowe, flawonoidy, fitoestogeny). Jęczmień charakteryzuje się większą aktywnością przeciwutleniającą niż owies i zboża chlebowe [Kawka, 2010]. Owies z kolei uważany jest za bardzo dobre źródło kwasu pantotenowego, tiaminy i witaminy E. Wysoka zawartość substancji mineralnych takich jak: wapń, magnez, fosfor, cynk, żelazo

i krzem przy jednoczesnej znikomej zawartości sodu, czyni produkty owsiane pożądanym elementem codziennej diety dla osób z niewydolnością układu krążenia. Na efekt hipocholesterolemiczny związany ze spożywaniem produktów owsianych ma również wpływ obecność w oleju owsianym NNKT. Spożycie 100 g przetworów owsianych pozwala na pokrycie 30% dziennego zapotrzebowania organizmu na kwas linolowy [Gibiński i in., 2005].

Zawartość błonnika pokarmowego w całościarnej mące jęczmiennej ogółem wynosi według różnych źródeł 8-17%, natomiast w owsianej do 20%, z kolei zawartość β -glukanu w całym ziarnie owsa wynosi od 2-8%. Zawartość β -glukanu w produktach pochodzenia jęczmiennego zależy m.in. od ich rodzaju i odmiany jęczmienia wynosi około 4,7% s.m. w ziarnie i maksymalnie około 3,7% s.m. w mące całościarnej [Oscarsson i in., 1996; Baik i Ulrich, 2007].

Rozpuszczalne frakcje błonnika mają pozytywny wpływ na metabolizm cholesterolu, dieta bogata w błonnik i β -glukan obniża poziom całkowitego cholesterolu i LDL, nie wpływając na HLD. Efektywna dawka β -glukanu obniżająca poziom całkowitego LDL cholesterolu w hipercholesteremii wynosi od 3 do 6 g (10g) na dzień w zależności od rodzaju β -glukanu i formy w jakiej jest podawany w posiłku [Bartnikowska i Lange, 2001]. Owsiany β -glukan charakteryzuje się wyższą masą molekularną niż β -glukan pochodzący z jęczmienia, charakteryzuje się wyższym stopniem rozpuszczalności (70% wobec około 20%); te właściwości β -glukanu owsianego determinują jego pozytywny wpływ na parametry lipidowe krwi. Zawartość β -glukanu w ziarnach zmienia się wraz z warunkami klimatycznymi podczas wzrostu i odmianą zbóż. W celu uzyskania mąki bogatej w β -glukan istotny jest sposób przerobu ziarna. Frakcje bogate w β -glukany, koncentraty i izolaty, zawierają odpowiednio 8-30% i 95% β -glukanu [Havrlentowa i in., 2011]. Jako źródło błonnika i β -glukanu w żywności stosowane są zazwyczaj otręby lub frakcje mąki owsianej i jęczmiennej. Wprowadza się także dodatek hydrokoloidów Nutrim O-B C-Trim-20, które zwiększają wilgotność i właściwości lepkie produktów spożywczych.

Ze względu na niską wartość technologiczną, to jest niską zawartość lub nieobecność (brak) tworzących gluten białek oraz wysoką zawartość błonnika, mąki wytworzone z tzw. niechlebowych zbóż są zazwyczaj mieszane z mąką pszenną. Prowadzone są również badania nad dodawaniem niektórych enzymów i glutenu witalnego do ciast z mak niechlebowych. W pracach Flander [2006; 2008] do otrzymania pieczywa charakteryzującego się dobrą teksturą i objętością stosowano dodatek glutenu oraz enzymy, a także zakwas pszenny. Stosunkowo duża zawartość błonnika pokarmowego i β -glukanu powoduje problemy począwszy od mieszania składników ciast aż do przechowywania pieczywa. Zarówno pieczywo owsiane jak i jęczmienne charakteryzuje się często niską objętością i krótkim czasem przydatności do spożycia (szybko staje się twarde [Holtekjølen i in., 2008; Škrbić i in., 2009; Kawka, 2010].

Jak wspomniano obniżenie jakości wypieków wiąże się z brakiem strukturotwórczych właściwości białek owsianych i jęczmiennych, z drugiej strony mąka z tych zbóż, dzięki dużej zawartości β -glukanów, charakteryzuje się zdolnością zatrzymywania wilgoci [Kawka, 2010].

W celu opóźnienia czerstwienia pieczywa owsianego stosowano różne enzymy, zaobserwowano, że twardość pieczywa w największym stopniu ulegała zmniejszeniu

po zastosowaniu ksylanazy [Flander i in., 2008]. Zatem jedyną możliwością poprawy reologii ciast, tekstury i objętości ekologicznego pieczywa owsianego i jęczmiennego z dużą zawartością mąk niechlebowych jest wykorzystanie zakwasów, otrzymanych z udziałem odpowiednio zaprojektowanych kultur starterowych [Moroni i in., 2010; Coda i in., 2014]. W pracach dotyczących otrzymywania pieczywa owsianego i jęczmiennego stosowano zakwasy sporządzone z tych mąk lub pszenne. Stosowanie zakwasów piekarskich w produkcji pieczywa jest uznanym sposobem podwyższania jego jakości sensorycznej, szczególnie przydatnym przy korzystaniu z mąki bogatej we włókno pokarmowe [Marklinder, 1996; Katina, 2005; Poutanen i in., 2009; Rozmierska i in., 2013]. Pozytywną rolę jaką spełniają odpowiednio dobrane kultury bakterii fermentacji mlekowej w zakwasie jest przeciwdziałanie rozwojowi pleśni [Lavermicocca i in., 2000; Magnuson i in., 2003; Garofallo i in., 2012]. Zaobserwowano, że zakwasy sporządzane z nietypowych surowców charakteryzują się specyficznym składem mikroorganizmów, które dominują w środowisku i wobec tego stosowanie przemysłowych, ujednoliconych kultur starterowych nie jest w tym przypadku polecane [Moroni i in., 2009; Plessas i in., 2011]. Do otrzymywania określonego rodzaju zakwasowego pieczywa powinny być zatem stosowane odpowiednio zaprojektowane kultury starterowe, skomponowane z bakterii autochtonicznych, naturalnie występujących w mikrobiotach tych surowców [Zannini i in., 2009; Moroni i in., 2010; Moroni i in., 2011]. Obecne badania skupiają się nad selekcją natywnych szczepów bakterii fermentacji mlekowej, jako najlepiej zaadaptowanych do środowiska mąki [Vogelmann i in., 2009; Piasecka i in., 2015]. Zgodnie z tą tendencją w badaniach dotyczących pieczywa ekologicznego jęczmiennego i owsianego zastosowano, wyselekcjonowane w ramach wcześniejszych badań, autochtoniczne szczepy LAB.

Rozwój żywności o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego i β -glukanu limitowany jest brakiem akceptacji konsumentów wobec produktów zdrowych, ale o niskiej charakterystyce sensorycznej. Celem pracy było zatem otrzymanie pieczywa ekologicznego, tostowego, o wysokiej zawartości składników prozdrowotnych i akceptowalnej jakości, poprzez wykorzystanie w technologii zakwasów piekarskich.

Material i metody

Badania wykonano w piekarni ekologicznej, gdzie przeprowadzone zostały próby wypieku chleba pszenno-jęczmiennie-owsianego na zakwasie jęczmiennym, wyprowadzonym z udziałem bakteryjnych kultur starterowych, o specyficznych właściwościach antymikrobiologicznych i technologicznych.

Surowcem głównym była ekologiczna mąka jęczmienna wyprodukowana przez firmę Wytwórnię makaronu "BIO" Babalscy z Pokrzydowa. Wszystkie pozostałe surowce tj. mąka pszenna, mąka owsiana, płatki owsiane oznakowano certyfikatem ekologicznym. Zakwas do wypieków w piekarni przygotowano z mąki jęczmiennej razowej z udziałem kultury starterowej zawierającej autochtoniczne szczepy bakterii *Pediococcus acidilactici* ZFJ2 i *Weissella confusa* ZFJ9, (dodatek 0,5% w stosunku do mąki), wydajność zakwasu 250. Fermentację zakwasów prowadzono w zbiorniku fermentacyjnym, przez 24 h, w temperaturze 30°C. Kryterium doboru kultur starterowych do zakwasów z mąki jęczmiennej była ocena otrzymanych z ich udziałem zakwasów pod względem m.in. syntezy

kwasów organicznych i związków tworzących aromat ciasta, właściwości antypleśniowych (wyniki niepublikowane).

Ciasta do wypieków przygotowano z użyciem miesiarki spiralnej Eberhardt i poddawano fermentacji w komorze fermentacyjnej, przez 30 minut (temperatura 30°C, wilgotność 80%). Następnie dzielono je na kęsy o masie 250 g, umieszczano w foremkach i fermentowano przez kolejne kilkadziesiąt minut (temperatura 35°C, wilgotność 80%), aż do uzyskania optymalnego rozrostu. Wypiek chleba prowadzono w piecu firmy Bebag typ Monsun przez 40 minut, w temperaturze 230°C. Wilgotność komory wypiekowej wynosiła ok. 85%. Uzyskane pieczywo było ważone po 24 h od wypieku w celu określenia straty piecowej. Wykonano analizę fizykochemiczną, w ramach której oznaczano: objętość (V_{100}) – za pomocą aparatu Sa-Wy, wilgotność, pH i kwasowość ogólną według PN-A-74108: 1996. Przeprowadzono również punktową ocenę organoleptyczną wypieków wg. PN. Na podstawie normy PN-A-74108: 1996 oceniono jakość uzyskanych wypieków, w tym objętość 100 g pieczywa, kwasowość ogólną oraz pH miększu. Ocenę sensoryczną przeprowadzono 24 h od wypieku wg powyższej normy. W ocenie brał udział zespół 6 przeszkolonych degustatorów. W ocenie sensorycznej pieczywa brano pod uwagę wygląd zewnętrzny pieczywa, ocenę miększu (elastyczność porowatość, spójność, kruchość), skórki (pęcherze pęknięcia, barwa, grubość), smak i zapach. Przeprowadzono analizę składu pieczywa, w tym zawartości β -glukanu oraz błonnika pokarmowego. Oznaczenie zawartości β -glukanu pieczywie wykonano metodą enzymatyczną wg Analytica EBC 3.10.1, 4.16.1, przy użyciu testu Megazyme.

Wszystkie wyniki badań podano jako średnie arytmetyczne, wraz z odchyleniami standardowymi.

Poniżej przedstawiono rodzaje pieczywa wypiekanego w piekarni oraz receptury wypieków (Tabela 1).

Chleb I - tostowy pszenno-jęczmienno-owsiany (70:20:10)

Chleb II - tostowy chleb pszenno-jęczmienno-owsiany (50:30:20)

Chleb III - tostowy pszenno-jęczmienno-owsiany (60:30:10) z dodatkiem inuliny (8%).

Tabela 1. Receptury pieczywa pszenno-jęczmienno-owsianego

Składniki ciasta, kg	Próby pieczywa		
	I	II	II
zakwas jęczmienny	2,5	2,5	3,75
mąka pszenna typ 550	3,5	2,5	3,0
mąka jęczmienna	-	0,5	-
płatki owsiane drobne	0,5	1,0	0,5
inulina	-	-	0,4
drożdże	0,2	0,2	0,2
margaryna	0,3	0,3	-
mleko w proszku odtłuszczone	0,15	0,15	0,15
cukier	0,15	0,15	-
guma ksantanowa	0,05	0,05	0,05
sól	0,075	0,075	0,075

Wyniki i dyskusja

W badaniach w piekarni ekologicznej wykorzystano recepturę pieczywa tostowego, co miało na celu zarówno podniesienie atrakcyjności pieczywa owsiano-jęczmiennego, jak zwiększenie zawartości w nim składników bioaktywnych: błonnika pokarmowego i β -glukanu. Dodatkowo w recepturze III, w zastępstwie tłuszczu i cukru zastosowano inulinę, która również wchodzi w skład błonnika pokarmowego. Charakterystykę jakościową i sensoryczną otrzymanego pieczywa przedstawiono w tabeli 2, 3. W Tabeli 4 umieszczono zawartość wybranych składników bioaktywnych.

Tabela 2. Charakterystyka jakościowa chleba tostowego pszenno-jęczmiennie-owsianego

Lp	Wyszczególnienie	Oznaczenie pieczywa		
		I	II	III
1.	Objętość pieczywa [$\text{cm}^3/100\text{g}$]	325 $\pm$ 5,2	236 $\pm$ 3,0	248 $\pm$ 4,1
2.	Wilgotność miększu [%]	49,4 $\pm$ 0,23	48,1 $\pm$ 0,32	47,3 $\pm$ 0,38
3.	Kwasowość miększu [°]	4,9 $\pm$ 0,17	4,0 $\pm$ 0,15	4,0 $\pm$ 0,42
4.	Twardość po 24 h [N]	27,9 $\pm$ 0,83	28,5 $\pm$ 0,23	24,3 $\pm$ 0,60

Otrzymane pieczywo różniło się głównie pod względem objętości i kwasowości miększu, negatywny wpływ na objętość pieczywa miał dodatek płatków owsianych i inuliny, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami innych autorów i własnymi [Karolini-Skaradzińska i in. 2007; Piasecka-Jóźwiak i in. 2014].

Tabela 3. Ocena sensoryczna pieczywa pszenno-jęczmiennie-owsianego

Wyróżniki oceny jakości	Wariant pieczywa		
	I	II	III
Wygląd zewnętrzny	3,7 $\pm$ 0,52	3,7 $\pm$ 0,41	4,0 $\pm$ 0,41
Barwa skórki	2,5 $\pm$ 0,45	2,9 $\pm$ 0,19	2,9 $\pm$ 0,19
Grubość skórki	3,7 $\pm$ 0,52	2,3 $\pm$ 0,27	4,0 $\pm$ 0,41
Pozostałe cechy skórki	2,7 $\pm$ 0,27	2,3 $\pm$ 0,27	3,0 $\pm$ 0,32
Smak i zapach	5,1 $\pm$ 0,19	5,2 $\pm$ 0,37	5,5 $\pm$ 0,50
Elastyczność miększu	4,7 $\pm$ 0,47	3,8 $\pm$ 0,37	4,0 $\pm$ 0,0
Porowatość miększu	2,3 $\pm$ 0,27	1,7 $\pm$ 0,26	2,3 $\pm$ 0,27
Pozostałe cechy miększu	3,0 $\pm$ 0,00	2,3 $\pm$ 0,26	2,7 $\pm$ 0,41
Suma punktów	27,7 $\pm$ 0,98	24,2 $\pm$ 0,84	28,4 $\pm$ 0,86

Pieczywo tostowe na zakwasie jęczmiennym, otrzymane w piekarni, oceniono wysoko pod względem smaku i zapachu. Dodatek płatków owsianych, spowodował obniżenie oceny sensorycznej pieczywa tostowego w odniesieniu do jego wyglądu zewnętrznego i porowatości miększu, natomiast nie wpłynął negatywnie na smak i zapach, uzyskane pieczywo charakteryzowało się bogatym, przyjemnym aromatem. Jak wiadomo z publikacji wielu autorów, zastępowanie mąki pszennej w recepturze pieczywa poprzez mąki niechlebne o wysokiej zawartości błonnika, skutkuje zmniejszeniem się objętości

pieczywa i powoduje obniżenie jakości wyrobów piekarskich [Flander i in., 2006; Kawka i in., 2007; Holtekjølen i in., 2008; Kawka i Górecka, 2009; Škrbić i in., 2009; Zannini i in., 2009; Rozmierska i in., 2013; Kawka i in., 2015]. W przypadku pieczywa ekologicznego unika się wprowadzania dodatków technologicznych jak gluten witalny. Niska objętość pieczywa nie dyskwalifikuje takiego pieczywa, jeżeli jest rekompensowana przez atrakcyjny smak i zapach. Dlatego tak ważne jest zapewnienie powtarzalnej jakości pieczywa poprzez zastosowanie kultur starterowych. W Tabeli 4 przedstawiono zawartość β -glukanu i błonnika w pieczywie jęczmienno - owsianym. Najwyższą zawartość błonnika (8,5 g/ 100 g produktu) stwierdzono w pieczywie otrzymanym według receptury II, w którym udział surowców wysokobłonnikowych był najwyższy. Mimo, że pieczywo to uzyskało najniższą ocenę sensoryczną to nadal jego jakość była zadowalająca. Wykorzystanie zakwasu jęczmiennego, otrzymanego z udziałem skomponowanej kultury starterowej, przyczyniło się do wzbogacenia smaku i zapachu pieczywa otrzymywanego z trudnych pod względem technologicznym surowców, które jednakże podwyższają wartość odżywczą wyrobów piekarskich. Otrzymywanie pieczywa z dodatkiem mąk niechlebowych w postaci chleba tostowego jest atrakcyjnym sposobem wprowadzania składników cennych pod względem żywieniowym do diety, ponadto odpiekanie tego rodzaju chleba niweluje wpływ dodatku mąk niechlebowych na przyspieszony proces czerstwienia wyrobów piekarskich.

Tabela 4. Zawartość β -glukanu i błonnika w pieczywie pszenno-jęczmienno-owsianym

Próbka	Zawartość β -glukanu, g/100g	Zawartość błonnika, g/100g
I	0,74±0,045	7,5±0,17
II	0,82±0,083	8,5±0,21
III	0,53±0,050	6,3±0,17

Komisja Europejska wprowadziła oświadczenia zdrowotne do żywności, zawierającej β -glukan i błonnik pokarmowy, które zawierają określone deklaracje w zależności od źródła pochodzenia i jego zawartości w produktach (Commission Regulation EU 1160/2011 14 nov.; Commission Regulation (EU) 432/2012 16 May 2012). Najwyższa uzyskana zawartość β -glukanu g/100g pieczywa nie pozwala na umieszczenie powyższych oświadczeń zdrowotnych. Zgodnie z Rozporządzeniem WE nr 1924/2006 pieczywo może być opatrzone oświadczeniem, że zawiera „wysoką zawartość błonnika pokarmowego”, które jest stosowane gdy produkt zawiera przynajmniej 6 g błonnika na 100 g. W odniesieniu do ww. pieczywa o dużej zawartości błonnika owsianego i/lub jęczmiennego może być stosowane oświadczenie zdrowotne: „błonnik jęczmienny (owsiany) przyczynia się do zwiększenia masy kału”, wymienione w rozporządzeniu Komisji (UE) nr 432/2012.

Wnioski

1. Opracowano receptury zakwasowego pieczywa jęczmienno-owsianego. Zastosowanie wybranej kultury starterowej do otrzymywania pieczywa w systemie ekologicznym, pozwoliło na uzyskanie wyrobów charakteryzujących się dobrą jakością sensoryczną.
2. Wszystkie opracowane receptury umożliwiają otrzymanie pieczywa, na którym można umieścić oświadczenie, że jest źródłem błonnika pokarmowego. Zawartość β -glukanu i błonnika pokarmowego w wyrobach uzyskiwanych na podstawie opracowanych w wyniku realizacji projektu receptur może być wyższa pod warunkiem doboru odpowiednich surowców.

Pracę zrealizowano na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, ze środków na badania w rolnictwie ekologicznym, na podstawie decyzji nr PK-re-029-26-26/13(657)

Literatura

Baik, B., Ullrich, S., Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 2008, 48(2), 233-242.

Bartnikowska E., Lange E., Znaczenie dietetyczne przetworów owsianych, ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, 1(22), 18-35.

Coda, R., Di Cagno, R., Gobbetti, M., Rizzello, C. G., Sourdough lactic acid bacteria: exploration of non-wheat cereal-based fermentation. *Food Microbiology Letters*, 2014, 37, 51-58.

European Commission 2011. Commission Regulation (EU) 1160/2011 of 14 November 2011 on authorization and refusal of authorization of certain health claims made on foods and referring to the reduction of disease risk. *Official Journal of European Union*, Vol. 54, No. L296, 26-28.

European Commission 2012. Commission Regulation (EU) 432/2012 of 16 May 2012 establishing a list of permitted health claims made on foods, other than those referring to the reduction of a disease risk and children's development and health. *Official Journal of European Union*, Vol. 55, No. L136, 1-40.

Flander L., Roau X., Morel M. H., Autio K., Seppanen-Laakso T., Kruus K., Buchert J., Effects of laccase and xylanase on chemical and rheological properties of oat and wheat doughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56 (14), 5732-5742.

Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Suortti T., Autio K., Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT – Food Science and Technology*, 2006, 40 (5), 860-870.

Garofalo C., Zannini E., Aquilanti L., Silvestri G., Fierro O., Picariello G., Clementi F., Selection of sourdough lactobacilli with antifungal activity for use as biopreservatives in bakery products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60 (31), 7719-7728.

- Gibiński M., Gumul D., Korus J., Prozdrowotne właściwości owsa i produktów owsianych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 4 (45), 49-60.
- Havrlentová, M., Petuláková, Z., Burgárová, A., Gago, F., Hlinková, A., Šturdík, E., Cereal β -glucans and their significance for the preparation of functional foods-a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 2011, 29 (1), 1-14.
- Holtekjølen, A., Bævre, A., Rødbotten, M., Berg, H., Knutsen, S., Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour. *Food Chemistry*, 2008, 110 (2), 414-421.
- Karolini – Skaradzińska Z., Subda H., Czubaszek A., Wpływ dodatku mąki jęczmiennej na właściwości ciasta i pieczywa uzyskiwanego z mąki pszenic jarych i ozimych. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2006, 2 (47), 124-132.
- Katina K., Arendt E., Liukkonen K., Autio K., Flander L., Poutanen K., Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends in Food Science and Technology*, 2005, 16, 1-3, 104-112
- Kawka A., Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 3 (70), 25-43.
- Kawka A., Górecka D., Porównanie składu chemicznego pieczywa pszenno-owsianego i pszenno-jęczmiennego z udziałem zakwasów fermentowanych starterem LV1. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 42, 288-293.
- Kawka, A. Patelska, D. Jakubowski., Całoziarowa mąka jęczmienna w produkcji pieczywa prozdrowotnego *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*. 2015, 48, 361-366.
- Kawka A. Rausch P., Świerczyński J., Możliwość stosowania kultur starterowych do produkcji pieczywa pszenno-jęczmiennego. *Żywność. Nauka, Technologia, Jakość*, 2007, 6 (55), 219-233.
- Lavermicocca P., Valerio F., Evidente A., Lazzaroni S., Corsetti A., Gobbetti M., Purification and characterization of novel antifungal compounds by sourdough *Lactobacillus plantarum* 21B. *Applied and Environmental Microbiology*, 2000, 66 (9), 4084-4090.
- Magnusson J., Ström K., Roos S., Sjögren J., Schnürer J., Broad and complex antifungal activity among environmental isolates of lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Letters*, 2003, 219 (1), 129-135.
- Marklinder I., Johansson L., Haglund A., Nagel- Held B., Seibel W., Effects of flours from different barley varieties on barley sour dough bread. *Food Quality and Preference*, 1996, 7, 275-284.
- Moroni A. V., Arendt E. K., Dal Bello F., Biodiversity of lactic acid bacteria and yeasts in spontaneously-fermented buckwheat and teff sourdoughs. *Food Microbiology*, 2011, 28 (3), 497-502.
- Moroni A. V., Arendt E. K., Morrissey, J. P., Dal Bello F., Development of buckwheat and teff sourdoughs with the use of commercial starters. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, 142 (1), 142-148.

Oscarsson, M., Andersson, R., Salomonsson, A. C., Åman, P., Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. *Journal of Cereal Science*, 1996, 24 (2), 161-170.

Piasecka K., Rozmierska J., Kotyrba D., Wykorzystanie kultur starterowych i inuliny do otrzymywania zakwasowego pieczywa pszennego o cechach funkcjonalnych i obniżonej wartości energetycznej. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2014, 47, 883-888.

Piasecka-Józwiak K., Słowik E., Rozmierska J., Chabłowska B., Characteristic of organic flour produced from einkorn wheat and rheological properties of einkorn dough in terms of bread obtaining. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2015, 60 (4), 61.

Plessas S., Alexopoulos A., Mantzourani I., Koutinas A., Voidarou C., Stavropoulou E., Bezirtzoglou E., Application of novel starter cultures for sourdough bread production. *Anaerobe*, 2011, 17 (6), 486-489.

PN-A-74108: 1996. Pieczywo. Metody badań

Poutanen K., Flander L., Katina K., Sourdough and cereal fermentation in nutritional perspective. *Food Microbiology*, 2009, 26, 693-699.

Rozmierska J., Stecka K.M., Uzar A., Chabłowska B., Piasecka-Józwiak K., Słowik E., Szkudzińska-Rzeszowiak E., Zastosowanie kultur starterowych bakterii fermentacji mlekowej sposobem na otrzymywanie pieczywa z wysokim udziałem mąki owsianej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 1 (86), 166-180.

Škrbić, B., Milovac, S., Dodig, D., Filipčev, B., Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties. *Food Chemistry*, 2009, 115 (3), 982-988.

Vogelmann S. A., Seitter M., Singer U., Brandt M. J., Hertel C.: Adaptability of lactic acid bacteria and yeasts to sourdoughs prepared from cereals, pseudocereals and cassava and use of competitive strains as starters. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 130 (3), 205-212.

Zannini E., Garofalo C., Aquilanti L., Santarelli S., Silvestri G., Clementi F., Microbiological and technological characterization of sourdoughs destined for bread-making with barley flour. *Food Microbiology*, 2009, 26 (7), 744-753.

DOROTA KALICKA, AGATA ZNAMIROWSKA, MAŁGORZATA PAWŁOS,
KATARZYNA SZAJNAR

Zakład Technologii Mleczarstwa

Wydział Biologiczno-Rolniczy

Uniwersytet Rzeszowski

dkalicka@univ.rzeszow.pl

WŁAŚCIWOŚCI JOGURTÓW KOZICH W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU DODANYCH SUBSTANCJI SŁODZĄCYCH W CZASIE PRZECHOWYWANIA CHŁODNICZEGO

Streszczenie

Celem pracy była ocena właściwości słodzonych jogurtów z mleka koziego w trakcie przechowywania chłodniczego. Wyprodukowano pięć rodzajów jogurtów (8% sacharozy, 8% izomaltulozy, 0,04% stewii, mieszanka 4% sacharozy i 0,02% stewii, mieszanka 4% izomaltuloza i 0,02% stewii), w których oceniono pH, kwasowość ($^{\circ}\text{SH}$), twardość (N), żujność (mJ), sprężystość (mm) i gumowatość (N) skrzepu, w 1, 7, 14 i 21 dniu przechowywania chłodniczego. Jogurty poddano również ocenie organoleptycznej. Dodatek substancji słodzących nie wpłynął na kształtowanie się pH jogurtów, natomiast kwasowość miareczkowa produktów zawierających w składzie stewię była wyższa niż pozostałych, a jogurtów z izomaltulozą niższa niż słodzonych cukrem. Jogurty słodzone stewią (0,04%) i sacharozą (8%) wykazały zbliżone parametry tekstury. Najsłabszymi cechami charakteryzował się skrzep jogurtów słodzonych izomaltulozą. Dodatek stewii w mieszance z izomaltulozą poprawił teksturę jogurtów w porównaniu do napojów słodzonych samą izomaltulozą. Nie zaobserwowano takiego wpływu na twardość w jogurtach z mieszanką stewii i sacharozy. W ocenie pożądalności najwyżej oceniono jogurt z cukrem, a najniżej jogurt słodzony samą stewią, ze względu na największą słodycz smaku, która wydała się obca i nienaturalna. Jogurt z izomaltulozą był najmniej słodki i słodycz ta była uznana jako naturalna. Jogurty słodzone stewią w mieszance z izomaltulozą lub sacharozą były bardziej pożądane smakowo niż te słodzone samą stewią.

Słowa kluczowe: izomaltuloza, jogurt z mleka koziego, stewia, substancje słodzące

Wprowadzenie

Specjały z mleka koziego popularyzowane są jako produkty o działaniu prozdrowotnym [Haenlein, 2004]. Konsumenci mają największe upodobanie do smaku słodkiego, dlatego w ofercie firm mleczarskich można znaleźć całą gamę słodkich jogurtów czy serków. Produkty te słodzone są najczęściej sacharozą lub syropem fruktozowo-glukozowym, co znacznie zwiększa ich wartość energetyczną. Tego typu desery chętnie wybierają młodszy konsumenci, co przyczynia się do problemów z nadwagą wśród dzieci i młodzieży, a w konsekwencji występowania chorób takich jak cukrzyca, otyłość czy próchnica [Zduńczyk, 2002]. Dlatego obecnie poszukuje się innych dodatków nadających słodki smak. Sztuczne słodziki mogą wzbudzać niechęć konsumentów, którzy obawiają się ich wpływu na zdrowie [Rój i Stasium, 2009]. Żywność zawierająca substancje słodzące

pochodzenia naturalnego jest uznawana za bezpieczniejszą. Skutkuje to rosnącym zainteresowaniem wśród producentów stewią i wyizolowanymi z niej glikozydami. W Ameryce Południowej Indianie Guarani stosują wywary z liści stewii od ponad 1500 lat [Gęsiński, 2013; Kolanowski, 2013]. W Polsce, tak jak w pozostałych krajach Unii Europejskiej, dopuszczono je do stosowania w żywności w 2011 r. Maksymalna ilość glikozydów stewiolowych (E 960) w postaci stewiozydu, dodawana do fermentowanych przetworów mlecznych, smakowych wynosi 100 mg na kg [Kolanowski, 2013]. Glikozydy stewiolowe odpowiedzialne za słodki smak to między innymi: stewiozyd, rebaudiozyd A, rebaudiozyd C i dulkozyd. Są to związki aromatyczne należące do grupy tetra cyklicznych diterpenów. Częsteczką glikozydu złożona jest zawsze ze stewiolu – diterpenoidowego alkoholu karboksylowego oraz z różnych reszt cukrowych – najczęściej glukozy i ramnozy. Udowodniono, że stewiozyd oraz stewiol i rebaudiozyd A wykazują działanie hipoglikemiczne, nie powodują agresywnych skoków cukrowych, a nawet obniżają stężenie glukozy we krwi po posiłku [Bugaj i in., 2013; Kolanowski, 2013].

W 2005 r. na rynek Unii Europejskiej została wprowadzona izomaltuloza [Decyzja Komisji, 2005]. Jest to disacharyd redukujący, złożony z glukozy i fruktozy, połączonych wiązaniem α -1,6 glikozydowym. Naturalnie występuje w miodzie, buraku cukrowym i trzcinie cukrowej. Do celów przemysłowych otrzymywana jest z sacharozy w procesie enzymatycznym przy udziale hydroksylazy, izomerazy lub bakterii. Intensywność słodczy tego cukru wynosi 0,45-0,6 w odniesieniu do sacharozy uznanej jako 1. Izomaltuloza jest całkowicie metabolizowana w organizmie człowieka. Proces trawienia postępuje znacznie wolniej niż w przypadku sacharozy, a jest to spowodowane większą trwałością wiązania α -1,6 glikozydowego, niż wiązania obecnego w sacharozie [Lina i in., 2002]. Powolne wchłanianie węglowodanów determinuje niski indeks glikemiczny izomaltulozy równy 32. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) uznaje ją za składnik żywności mogący regulować glikemię poposiłkową. Nie powoduje ona bowiem agresywnego wzrostu cukru we krwi oraz nie przyczynia się do próchnicy zębów [Pahl i in., 2010; EFSA, 2011].

Celem pracy była ocena wpływu zastosowania stewii i izomaltulozy jako zamienników cukru na kwasowość, teksturę i cechy sensoryczne jogurtów z mleka koziego, w trakcie 21 dni przechowywania chłodniczego.

Material i metody

W surowym mleku kozim z Gospodarstwa w Łaskach oznaczono skład chemiczny analizatorem Bentley B150 (Tab. 1). Mleko znormalizowano do zawartości około 2% tłuszczu oraz zwiększono zawartość suchej masy poprzez dodatek odtłuszczonego proszku mlecznego z mleka krowiego SM Gostyń. Zakwas jogurtowy przygotowany z mleka koziego, sterylizowanego, o zawartości 2% tłuszczu stosując szczepionkę jogurtową YC-X16 Chr.Hansen.

Tabela 1. Skład mleka koziego przed i po normalizacji

Mleko kozie	Tłuszcz %	Białko %	Laktoza %	Sucha masa %
Surowe	3,25	2,58	4,00	10,90
Po normalizacji	1,95	3,75	6,34	13,48

Jako substancje słodzące zastosowano: stewię firmy Cargill, o nazwie handlowej Truvia® stevia RA95, zawierającą w składzie min. 95% rebaudiozydu A, izomaltulozę o nazwie handlowej Palatinose™ PST-N, firmy BENEOPalatinut oraz sacharozę krystaliczną dostępną w handlu. Do mleka znormalizowanego dodano substancje słodzące zgodnie z Tab. 2. Mleko wraz z dodatkami poddano pasteryzacji (85°C, 15 minut), ochładzano do temperatury 43°C i zaszczipiano zakwasem (5%), dokładnie wymieszano oraz rozlano do pojemników o pojemności 100ml. Inkubowano w 43°C przez 4,5 h, następnie temperaturę obniżono do 5°C i tak przechowywano przez czas trwania doświadczenia.

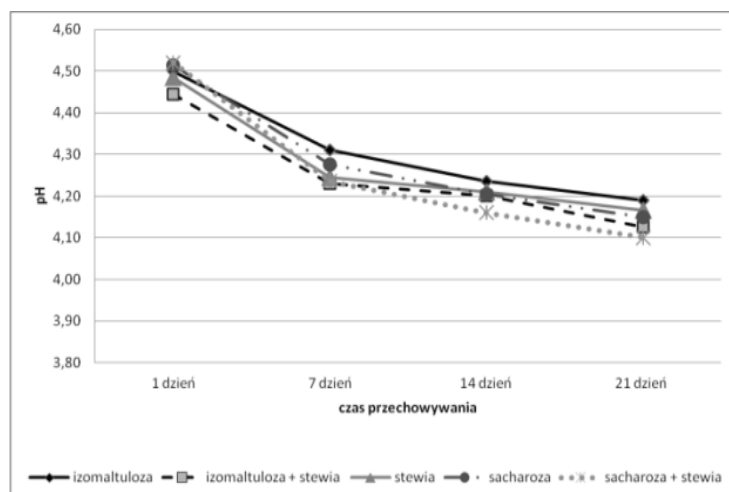
Tabela 2. Procentowy dodatek substancji słodzących do jogurtów

L.p.	% substancji słodzącej
1	Izomaltuloza 8%
2	Sacharoza 8%
3	Izomaltuloza 4% +stewia 0,02%
4	Sacharoza 4% + stewia 0,02%
5	Stewia 0,04%

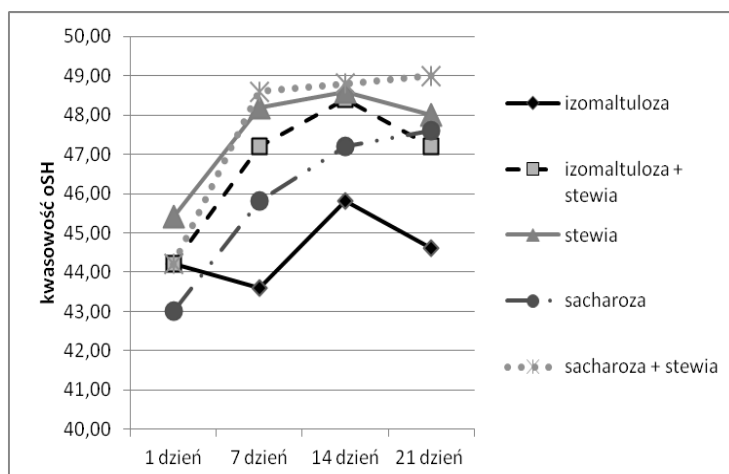
Ocenę wpływu dodatku substancji słodzących na parametry napojów wykonano w 1, 7, 14 i 21 dniu po zakończeniu fermentacji. Do oceny wybierano losowo trzy opakowania z każdego rodzaju jogurtu. Kwasowość czynną oznaczono w jogurtach podgrzanych do temperatury 20°C pHmetrem Elmetron CPC-505 wyposażonym w elektrodę kombinowaną typ OSH 12-00. Kwasowość ogólną (°SH) oznaczono w próbkach rozcieńczonych wodą dejonizowaną [PN-75/A-86130]. Oznaczenie tekstury przeprowadzono analizatorem tekstury Brookfield CT3, testem TPA, wprowadzając ustawienia: wymiary próbki: cylinder 66 mm x 33,86 mm, siła wyzwalająca 0,1 N, prędkość testu 1 mm/s, sonda cylindryczna o średnicy 25,4 mm. Do oceny organoleptycznej wykorzystano metody profilowania sensorycznego [PN-ISO 6564:1999]. Badanie polegało na ocenie 9 deskryptorów: konsystencja, barwa, smak (mleczno-kremowy, słodki, kwaśny, obcy), zapach (kwaśny, słodki, obcy) [PN-ISO 11035:1999] oraz na ocenie pożądanłości produktu metodą szeregowania [Baryłko-Pikielna i Matuszewska, 2011]. Przeszkolony, 30- osobowy zespół oceniał zakodowane próbki pod względem intensywności występowania danej cechy. Badający podawali swoją ocenę na kartach ze skalą liniową podzieloną na 9 odcinków, z oznaczeniami brzegowymi, w przypadku konsystencji i barwy: na lewym: „mało charakterystyczna” i na prawym „bardzo charakterystyczna”. W ocenie smaku i zapachu oznaczeniami brzegowymi były „niewyczuwalny” i „bardzo intensywny” [PN-ISO 4121:1998]. Ocena pożądanłości polegała na uszeregowaniu próbek według kolejności od najbardziej pożądanej (najlepsza) do najmniej pożądanej (najgorsza). Statystykę wykonano przy pomocy programu Statistica ver. 10. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi oszacowano na podstawie testu Tukeya, przy poziomie istotności $P \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Mleko kóz ma skład zbliżony do mleka krowiego, różni się jednak składem jakościowym tłuszczu i białka [Kycia i Szymczak, 2013]. Różnice te są związane z odmienną budową i wielkością miceli kazeinowych, kuleczek tłuszczowych i proporcją frakcji białkowych. Ma to wpływ na jakość skrzepu białkowego tworzącego się w mleku kozim. Mniejsze micelle kazeinowe oraz niższa koncentracja frakcji α_{s1} -kazeiny powodują, że jogurty z mleka koziego są luźniejsze niż z mleka krowiego i charakteryzują się mniejszą wytrzymałością skrzepów w porównaniu do jogurtów z mleka krowiego. Dodatek proszku z mleka koziego nie poprawia cech organoleptycznych jogurtów kozich, tak jak w przypadku dodawania proszku z mleka krowiego, ponieważ zwiększa się w mleku zawartość składników nadających charakterystyczny, „kozi” smak [Szczepanik i Libudisz, 2001]. Podstawą produkcji jogurtów jest proces fermentacji, zachodzący przy udziale bakterii mlekowych, których aktywność metaboliczna przyczynia się do kształtowania cech organoleptycznych oraz reologicznych. Schłodzenie jogurtów po produkcji ogranicza tę aktywność, ale nie hamuje jej całkowicie, dlatego w trakcie przechowywania chłodniczego jogurtu w dalszym ciągu dochodzi do zmian w jego składzie i strukturze. Analizując kwasowość czynną wyprodukowanych jogurtów (Rys. 1) zauważono, że produkt słodzony izomaltulozą wykazywał nieznacznie wyższe wartości pH w stosunku do pozostałych jogurtów, w trakcie całego okresu przechowywania, jednak różnice te nie były statystycznie istotne. Istotnie niższe ($P \leq 0,05$) wartości tego parametru odnotowano dla jogurtów słodzonych mieszką izomaltulozy i stewii w stosunku do tych słodzonych samą izomaltulozą (Tab. 3). Po zakończonym procesie fermentacji najniższą kwasowością miareczkową charakteryzowały się jogurty słodzone sacharozą, a najwyższą te ze stewią i była to różnica statystycznie istotna (Rys. 2). Jogurty słodzone izomaltulozą, wykazały najslabszą dynamikę zmian kwasowości miareczkowej. W 7, 14 oraz 21 dniu po produkcji zaobserwowano istotnie niższe wartości tego parametru w stosunku do pozostałych produktów. Jogurty ze stewią miały istotnie wyższą kwasowość w trakcie przechowywania w porównaniu do jogurtów słodzonych sacharozą ($P \leq 0,05$). Zastosowanie stewii w mieszance sacharozą i z izomaltulozą powodowało wzrost kwasowości napojów w porównaniu do jogurtów słodzonych pojedynczą substancją słodzącą, a różnice te były statystycznie istotne w 7 i 14 dniu przechowywania ($P \leq 0,05$). Dodatek substancji słodzących nie miał więc wpływu na kształtowanie się pH jogurtów, ale spowodował istotne różnice w kwasowości miareczkowej produktów. Guggisberg i in. [2011] badając jogurty z mleka krowiego słodzone sacharozą i stewią w 7 dniu przechowywania wykazał nieznacznie niższe pH oraz większą zawartość kwasów organicznych w jogurtach słodzonych sacharozą, jednak zawartość aromatycznych związków powstających w trakcie fermentacji była na zbliżonym poziomie, a w przypadku diacetylu nawet wyższa w jogurcie słodzonym stewią. Prakash i in. [2008] donoszą, że rebaudiozyd A jest stabilny w trakcie procesu produkcji oraz podczas przechowywania jogurtów zawierających żywą mikroflorę. Nie ulega on więc fermentacji pod wpływem bakterii kwasu mlekowego. Podobnie w układzie pokarmowym człowieka, bakterie z dolnego odcinka jelita przekształcają go do stewiolu, który następnie jest wydalany [Carakostas i in., 2008]. Badania donoszą o wpływie antybakteryjnym ekstraktów stewii w stosunku do patogenów układu pokarmowego, a także o jej potencjalnych właściwościach antyoksydacyjnych [Lemus-Mondaca i in., 2012].



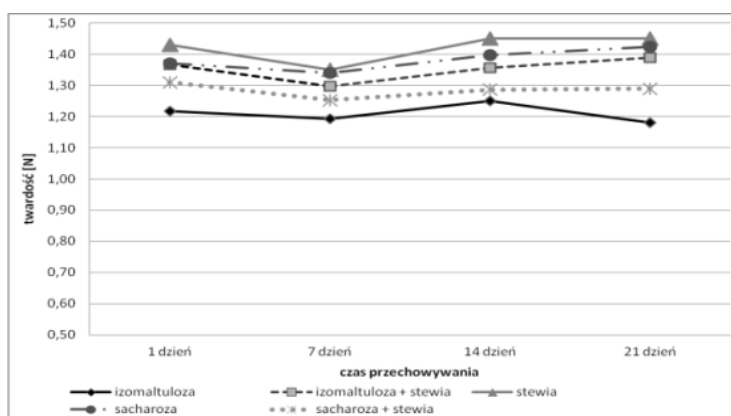
Rysunek 1. Zmiany pH w badanych jogurtach w trakcie przechowywania



Rysunek 2. Zmiany kwasowości miareczkowej w badanych jogurtach w trakcie przechowywania

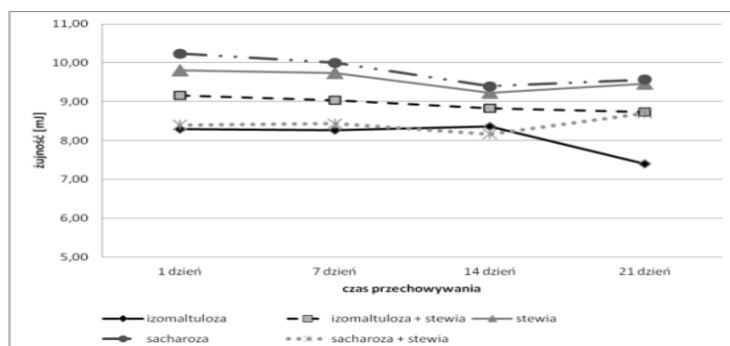
Z badań Żbikowskiego [2012] wynika, że zmiany tekstury jogurtu zachodzą najintensywniej w pierwszym tygodniu przechowywania. Dochodzi wtedy do wzrostu lepkości oraz gęstnienia skrzepu. Zmiany te mogą wynikać z post-zakwaszenia jogurtów występującego podczas przechowywania oraz z aktywności mikroorganizmów prowadzących do wzmocnienia matrycy białkowej przez wzrost zawartości kwasu mlekowego oraz wytwarzanie przez bakterie egzopolisacharydów. Guggisberg i in. [2011] uważa, że dodatek stewii jest zbyt mały, żeby wpłynąć na konsystencję. W swoich badaniach wykazał, że jogurty z mleka krowiego słodzone sacharozą w 14 dniu przechowywania miały wyższą twardość (2,79 N), niż jogurty ze stewią (2,41 N) tylko w przypadku większej zawartości tłuszczu (3,5%) w produkcie, natomiast w jogurtach beztłuszczowych twardość była na zbliżonym poziomie. Żel jogurtowy z mleka koziego jest delikatniejszy i mniej lepki

w porównaniu z jogurtem z mleka krowiego. Domagała i Wszolek [2008] badając twardość jogurtów naturalnych z mleka koziego, uzyskali wartości z przedziału 0,36-0,41 N. Analizowane jogurty z różnymi substancjami słodzącymi wykazały wyższą twardość skrzepów (Tab. 3), niż te w przytoczonych badaniach, ponieważ zastosowano do ich zagęszczenia proszek mleczny. Najmniejszą twardość 1,18 N zaobserwowano w jogurtach słodzonych izomaltulozą, a najwyższą twardością, 1,45 N charakteryzowały się jogurty ze stewią. Zastosowanie mieszanki słodzącej ze stewii i izomaltulozy spowodowało istotne zwiększenie twardości jogurtów, w porównaniu do twardości napojów słodzonych samą izomaltulozą ($P \leq 0,05$). Również produkty słodzone tylko stewią wykazały istotnie wyższe wartości tego parametru niż jogurty z dodatkiem samej izomaltulozy. Nie zaobserwowano istotnych różnic między twardością jogurtów słodzonych stewią i sacharozą, mimo mniejszego dodatku stewii (0,04%), w stosunku do sacharozy (8%) (Rys. 3).

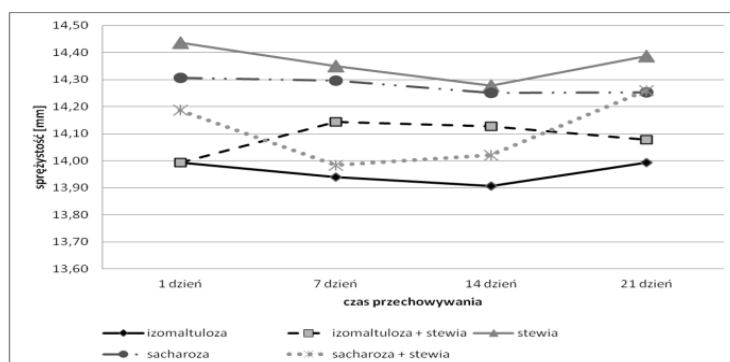


Rysunek 3. Zmiany twardości skrzepu badanych jogurtów w trakcie przechowywania

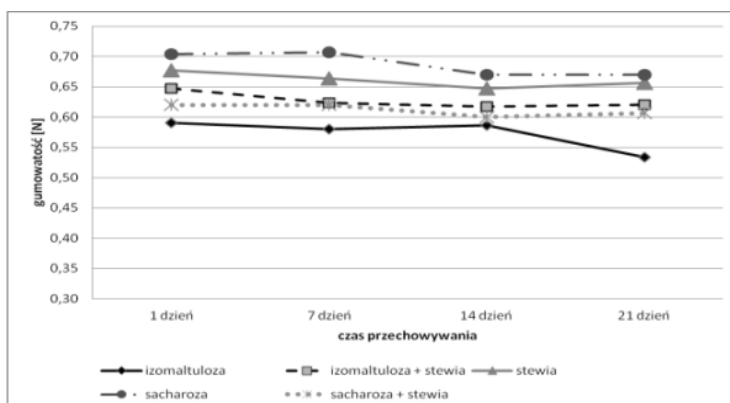
Analizując wyniki parametrów tekstury w Tabeli 4 oraz na rysunkach 4, 5 i 6, zauważono, że jogurty słodzone samą izomaltulożą charakteryzowały się najmniej sprężystym i gumowatym skrzepem. Jednak w przypadku sprężystości różnice nie były istotne statystycznie. Najwyższą żujność osiągnęły napoje słodzone sacharozą (10,23 mJ), a najniższą słodzone izomaltulożą (7,40 mJ). Żujność jogurtów słodzonych samą stewią była niższa niż w przypadku zastosowania sacharozy, jednak różnice były nieistotnie statystycznie. Zastosowanie mieszanki stewii i sacharozy spowodowało istotnie niższe wartości żujności skrzepów w porównaniu z jogurtami z słodzonymi pojedynczymi substancjami ($P \leq 0,05$). Natomiast zastosowanie mieszanki stewii z izomaltulożą poprawiło żujność skrzepów w porównaniu do zastosowania samej izomaltulozy (Rys. 4). Analogiczne zależności wykazano dla gumowatości skrzepów jogurtowych (Rys. 6).



Rysunek 4. Zmiany żużności skrzepu badanych jogurtów w trakcie przechowywania



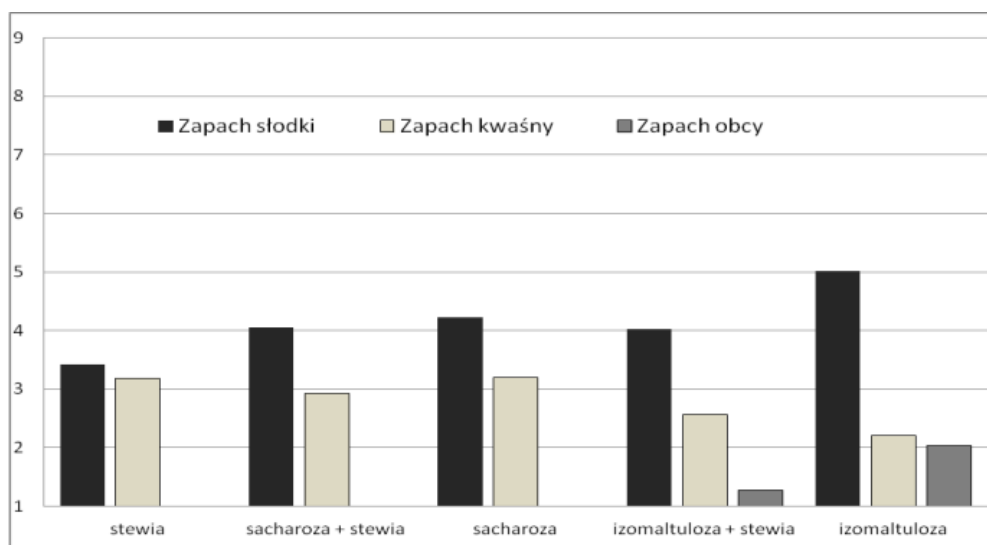
Rysunek 5. Zmiany sprężystości skrzepu badanych jogurtów w trakcie przechowywania



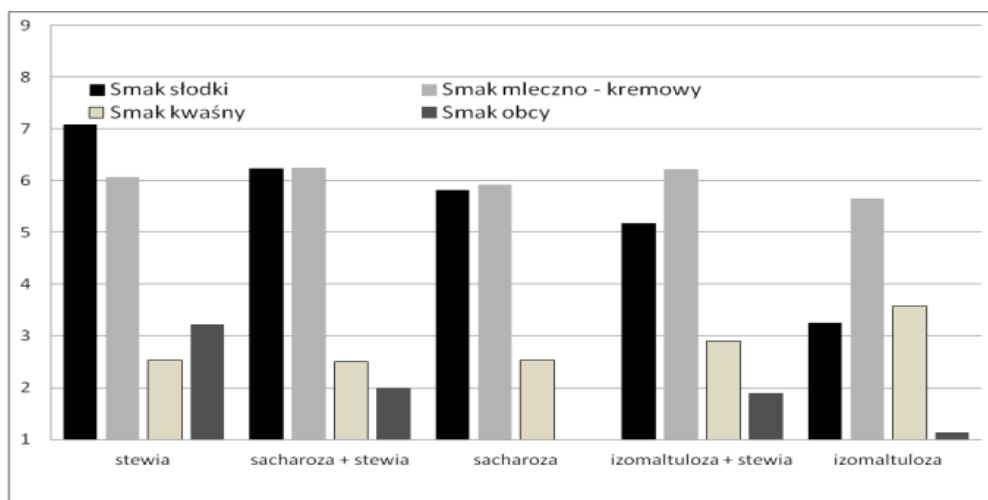
Rysunek 6. Zmiany gumowatości skrzepu badanych jogurtów w trakcie przechowywania

Jogurty słodzone sacharozą charakteryzowały się naturalnym, słodkim zapachem oraz wyczuwalnym zapachem kwaśnym. Najintensywniejszy słodki, ale równocześnie nieznacznie zmieniony, karmelowy zapach wykazały jogurty z dodatkiem izomaltulozy. Dodatek stewii nie powodował obcego zapachu jogurtów, ale również zapach słodki był najmniej intensywny w produkcie słodzonym tylko tą substancją słodzącą (Rys. 7). W ocenie smaku jogurt słodzony stewią okazał się być najśłodszy, ale równocześnie charakteryzował się

najbardziej obcym posmakiem. Produkt słodzony izomaltulozą, mimo że był najmniej kwaśny w zapachu, okazał się najbardziej kwaśny w smaku. Wynika to z tego, że zastosowano taki sam dodatek izomaltulozy jak sacharozy, chociaż jej słodycz jest o połowę mniejsza (Rys. 8). Dodatek substancji słodzących nie miał wpływu na smak kremowy ocenianych jogurtów. W badaniach Guggisberg i in. [2011] oraz Lisak i in. [2011] i [2012] jogurty słodzone sacharozą okazały się słodsze, niż te słodzone stewią. Jednak w cytowanych pracach zastosowano dodatek stewii w postaci stewiozydów, które charakteryzują się mniejszą słodkością (Tab. 1). W prowadzonych badaniach dodano rebaudiozyd A o wysokiej czystości, który wykazuje się większą stabilnością w porównaniu z innymi glikozydami. Jest lepiej rozpuszczalny w wodzie i bardziej odporny termicznie niż stewiozyd. Smak rebaudiozydu A charakteryzuje się większą słodkością i mniej wyczuwalnymi niepożądanymi posmakami. Jest zatem szerzej wykorzystywany niż stewiozyd [Kolanowski, 2013]. W ocenie pożądalności najlepszym jogurtem okazał się być produkt słodzony sacharozą (40%), a najgorszym słodzony samą stewią (60%). Jogurt z izomaltulozą znalazł większe uznanie wśród osób, które preferują produkty mniej słodkie. Jogurty słodzone mieszanką stewii z izomaltulozą lub sacharozą były bardziej akceptowalne i pożądane smakowo, niż te słodzone samą stewią. W badaniach prowadzonych przez Lisak i in. [2011], jogurty z mieszanką stewii i sacharozy otrzymały nawet wyższą ocenę niż te słodzone sacharozą. Zastosowanie naturalnych substancji słodzących takich jak stevia czy izomaltuloza w przetworach z mleka koziego jest akceptowalne przez konsumentów pod warunkiem, że zastosuje się odpowiednie proporcje tych substancji w celu zminimalizowania obcych posmaków glikozydów stewiolowych.



Rysunek 7. Profil zapachu badanych jogurtów, n=30



Rysunek 8. Profil smakowy badanych jogurtów, n=30

Tabela 3. Wyniki analizy statystycznej parametrów badanych jogurtów ($\bar{x} \pm SD$)

parametr	dzień	izomaltuloza	izomaltuloza+stewia	stewia	sacharoza	sacharoza +stewia
pH	1	4,50±0,02 ^a	4,45±0,01 ^b	4,49±0,03 ^{ab}	4,52±0,02 ^a	4,52±0,01 ^a
	7	4,31±0,00 ^a	4,23±0,02 ^b	4,25±0,02 ^b	4,28±0,05 ^{ab}	4,24±0,02 ^b
	14	4,24±0,02 ^a	4,20±0,01 ^{ab}	4,21±0,01 ^a	4,21±0,02 ^{ab}	4,16±0,03 ^b
	21	4,19±0,01 ^a	4,13±0,01 ^b	4,17±0,01 ^{ab}	4,15±0,05 ^{abc}	4,10±0,00 ^c
Kwasowość [°SH]	1	44,20±0,20 ^{ab}	44,20±1,00 ^{ab}	45,40±0,20 ^a	43,00±0,60 ^b	44,20±0,60 ^{ab}
	7	43,60±0,40 ^a	47,20±0,00 ^b	48,20±0,20 ^c	45,80±0,60 ^d	48,60±0,20 ^c
	14	45,80±0,60 ^a	48,40±0,40 ^{bc}	48,60±0,20 ^b	47,20±0,80 ^c	48,80±0,00 ^b
	21	44,60±0,60 ^a	47,20±0,80 ^b	48,00±2,00 ^b	47,60±0,40 ^b	49,00±0,20 ^b
Twardość [N]	1	1,22±0,04 ^a	1,37±0,04 ^{bc}	1,43±0,03 ^b	1,37±0,04 ^{bc}	1,31±0,02 ^c
	7	1,19±0,03 ^a	1,30±0,04 ^{bc}	1,35±0,02 ^c	1,34±0,03 ^{bc}	1,25±0,05 ^{ab}
	14	1,25±0,02 ^a	1,36±0,03 ^b	1,45±0,03 ^c	1,40±0,02 ^{bc}	1,29±0,03 ^a
	21	1,18±0,03 ^a	1,39±0,06 ^{bc}	1,45±0,05 ^b	1,42±0,05 ^b	1,29±0,03 ^c
Żelność [mJ]	1	8,30±0,82 ^a	9,17±0,21 ^{ab}	9,80±0,16 ^b	10,23±0,25 ^b	8,40±0,65 ^a
	7	8,27±0,45 ^a	9,03±0,37 ^b	9,73±0,17 ^c	10,00±0,08 ^c	8,43±0,33 ^{ab}
	14	8,38±0,05 ^{ac}	8,83±0,17 ^a	9,23±0,24 ^{ab}	9,40±0,51 ^b	8,17±0,17 ^c
	21	7,40±0,08 ^a	8,73±0,76 ^b	9,47±0,29 ^b	9,57±0,68 ^b	8,70±0,22 ^b
Sprężystość [mm]	1	13,99±0,27 ^a	14,14±0,17 ^a	14,44±0,04 ^a	14,31±0,27 ^a	14,19±0,29 ^a
	7	13,94±0,35 ^a	14,13±0,28 ^a	14,35±0,11 ^a	14,30±0,15 ^a	13,983±0,72 ^a
	14	13,91±0,18 ^a	14,08±0,26 ^a	14,28±0,06 ^a	14,25±0,55 ^a	14,02±0,47 ^a
	21	13,99±0,12 ^a	14,05±0,86 ^a	14,39±0,02 ^a	14,25±0,15 ^a	14,26±0,17 ^a
Gumowość [N]	1	0,59±0,05 ^a	0,65±0,02 ^{abc}	0,68±0,01 ^{bc}	0,70±0,02 ^c	0,62±0,03 ^b
	7	0,58±0,02 ^a	0,62±0,01 ^b	0,66±0,0,2 ^c	0,71±0,02 ^d	0,62±0,01 ^b
	14	0,59±0,02 ^a	0,62±0,01 ^{ab}	0,65±0,02 ^b	0,67±0,02 ^b	0,60±0,01 ^a
	21	0,53±0,01 ^a	0,62±0,02 ^{bd}	0,66±0,02 ^b	0,67±0,04 ^{bc}	0,61±0,02 ^d

a, b, c, d – wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszu różnią się od siebie statystycznie istotnie w obrębie tego samego parametru, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$

Wnioski

1. Dodatek substancji słodzących nie wywarł wpływu na kwasowość czynną jogurtów. Natomiast kwasowość miareczkowa jogurtów zawierających w składzie stewię była wyższa niż pozostałych grup doświadczalnych. Z kolei kwasowość potencjalna jogurtów z izomaltulozą była niższa niż napojów słodzonych cukrem.
2. Jogurty słodzone stewią (0,04%) i sacharozą (8%) charakteryzowały się podobnym profilem teksturometrycznym. Skrzep jogurtów słodzonych izomaltulozą okazał się najmniej twardy, gumowaty i sprężysty. Dodatek stewii w mieszance z izomaltulozą poprawił teksturę napojów. Nie zaobserwowano takiego wpływu w przypadku mieszanki stewii i sacharozy.
3. W ocenie pożądanłości najlepiej oceniony został tradycyjny jogurt z cukrem, charakteryzujący się zrównoważonym smakiem słodkim i mlecznym, bez obcych posmaków i zapachów. Najmniej pożądane wśród ocenianych napojów okazały się jogurty słodzone samą stewią ze względu na największą słodczy smak, która wydała się obca i nienaturalna. Jogurty z izomaltulozą miały najmniej słodki smak i słodczy ta była uznana jako naturalna, ale zapach nie był typowy słodki, a bardziej „karmelowy”.
4. Jogurty słodzone stewią w mieszance z izomaltulozą lub sacharozą były bardziej pożądane smakowo niż te słodzone samą stewią.

Literatura

Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków, 2009.

Bugaj B., Leszczyńska T., Pysz M., Kopeć A., Pacholarz J., Pysz-Izdebska K., Charakterystyka i prozdrowotne właściwości *Stevia rebaudiana* Bertoni. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 3, 27-38.

Carakostas M. C., Curry L.L., Boileau A.C., Brusick D.J., Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46, 1–10.

Decyzja Komisji z dnia 25 lipca 2005 r. zatwierdzająca wprowadzenie na rynek izomaltulozy jako nowej żywności lub nowego składnika żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 258/97.

Domagała J., Wszolek M., Wpływ sposobu zagęszczania oraz rodzaju szczepionki na teksturę i podatność na synerzę jogurtu i biojogurtów z mleka koziego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, 6 (61), 118-126.

EFSA, Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to the sugar replacers xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, lactitol, isomalt, erythritol, D-tagatose, isomaltulose, sucralose and polydextrose and maintenance of tooth mineralisation by decreasing tooth demineralisation and reduction of post-prandial glycaemic responses pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal, 2011, 9 (4):2076.

Gęsiński K., Majcherczak E., Gozdecka G., Stewia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) jako źródło wybranych mikroelementów. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2013, 2, 74-75.

Guggisberg D., Piccinali P., Schreier K., Effects of sugar substitution with Stevia, Actilight and Stevia combinations or Palatinose on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt, *International Dairy Journal*, 2011, 21, 636-644.

Haenlein G. F. W., Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 2004, 51, 155-163.

Kolanowski W., Glikozydy stewiolowe – właściwości i zastosowanie w żywności. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2013, 2, 140-150.

Kycia K., Szymczak P., Mleko kozie wybryk czy dar natury. *Przemysł Spożywczy*, 2013, 10, 11-14.

Lemus-Mondaca R., Vega-Gálvez A., Zura-Bravo L., Ah-Hen K., *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biological, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry*, 2012, 132, 1121-1132.

Lina B.A.R., Jonker D., Kozianowski G., Isomaltulose (Palatinose): a review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology*, 2002, 40 (10), 1375-1381.

Lisak K., Jeličić I., Tratnik L., Božanić R., Influence of sweetener stevia on the quality of strawberry flavoured fresh yoghurt. *Mljekarstvo*, 2011, 61 (3), 220-225.

Lisak K., Lenc M., Jeličić I., Božanić R. Sensory evaluation of the strawberry flavored yoghurt with stevia and sucrose addition. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 2012, 7 (Special Issue) 39-43.

Pahl R., Radowski A., Dorr T., Izomaltuloza: nowy, niefermentujący cukier w piwie i napojach na bazie piwa. 2010, www.rynek.horeca.pl.

PN-75/A-86130:1975 Mleko i przetwory mleczarskie. Napoje mleczne. Metody badań.

PN-ISO 11035:1999 Identyfikacja i wybór deskryptorów do ustalania profilu sensorycznego z użyciem metod wielowymiarowych.

PN-ISO 4121:1998 Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.

PN-ISO 6564:1999 Analiza sensoryczna. Metodologia. Metody profilowania smakowości.

Prakash I., DuBois. G.E., Clos J.F., Wilkens K.L., Fosdick L.E. Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46, 75-82.

Rój A., Stasium E., Oznaczenie jakościowe w zakresie zawartości aspartamu i jego metabolitów w napojach gazowanych bezalkoholowych z zastosowaniem techniki HPLC. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 3, 543-547.

Szczepanik A., Libudzisz Z., Przydatność technologiczna mleka koziego. *Przemysł Spożywczy*, 2001, 2, 35-36.

Zduńczyk Z. Odżywcze i zdrowotne właściwości substancji słodzących. W: Rutkowski A. (red.). Sacharydy i substancje słodzące. Polska Izba Dodatków do Żywności, PTTŻ, Konin, 2002, 39-55.

Żbikowski Z., Zmiany w jogurcie podczas przechowywania w różnych opakowaniach. Przegląd Mleczarski, 2012, 1, 16-20.

HANNA ŚMIGIELSKA

Katedra Przyrodniczych Podstaw Jakości

Wydział Towaroznawstwa

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

h.smigielska@ue.poznan.pl

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA SKROBI WZBOGAZONEJ JAKO ZAGĘSTNIKA DO PRODUKCJI JOGURTÓW FUNKCJONALNYCH

Streszczenie

Żywnością funkcjonalną może być zarówno żywność konwencjonalna, naturalnie bogata w składniki o korzystnym wpływie na zdrowie (takie jak błonnik, β glukany czy przeciwutleniacze) jak i żywność fortyfikowana – celowo wzbogacana w witaminy i składniki mineralne. Skrobia modyfikowana może być wykorzystana, jako nośnik mikroelementów w procesie fortyfikacji i równocześnie, jako zagęstnik w produktach spożywczych. Celem pracy było porównanie właściwości zagęszczających wzbogaconych w składniki mineralne skrobi modyfikowanych przez utlenienie i skrobi RS4 w produktach mlecznych fermentowanych. Wytworzono laboratoryjnie jogurty z udziałem w/w skrobi i zbadano ich teksturę, lepkość i kwasowość (pH) oraz podatność produktów na synerzę. Do skrobi wprowadzono jony żelaza i cynku z różnych soli. W badaniach stwierdzono, iż rodzaj modyfikacji skrobi ma wpływ na teksturę jogurtów oraz ich kwasowość i wielkość odcieku. Rodzaj soli i rodzaj dodanego mikroelementu w mniejszym stopniu wpływa na omawiane właściwości. Lepkość jogurtu zagęszczonego skrobią bez dodatku mikroelementów była najbardziej zbliżona do lepkości jogurtu naturalnego. Tekstura jogurtów laboratoryjnych z dodatkiem mikroelementów odbiegała od jogurtu handlowego w przypadku wyróżników: twardości i adhezji. Spójność i sprężystość jogurtów we wszystkich badanych próbach była bardzo zbliżona. Kwasowość czynna jogurtów laboratoryjnych wynosiła od 4,38 do 4,71, natomiast handlowego 4,46. Lepsze dopasowanie tekstury do tekstury jogurtów handlowych uzyskano w próbach jogurtów z dodatkiem wzbogaconej skrobi utlenionej. Jogurty z udziałem skrobi RS4 charakteryzowała najmniejsza synerża. Uzyskane wyniki pozwalają sądzić, iż skrobia utleniona wzbogacona solami żelaza i cynku może być rekomendowana do produkcji jogurtów.

Słowa kluczowe: skrobia, wzbogacanie, żelazo, cynk, jogurty

Wprowadzenie

W ostatnich latach można zauważyć wzrost zainteresowania konsumentów żywnością prozdrowotną, która oprócz dostarczania wartości odżywczej wykazuje korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Pojęcie tego rodzaju żywności jest bardzo szerokie. Podział żywności prozdrowotnej jest różny i zależy od przyjętych kryteriów. Żywnością funkcjonalną może być zarówno żywność konwencjonalna, naturalnie bogata w składniki o korzystnym wpływie na zdrowie (takie jak błonnik, β glukany, witaminy z grupy B, składniki mineralne czy

przeciwutleniacze), jak i żywność fortifikowana – celowo wzbogacana w witaminy i składniki mineralne. Proces wzbogacania może z kolei być obligatoryjny (jodowanie soli, dodatek witaminy A i D do tłuszczu do smarowania) lub dobrowolny (dodatek witamin do soków, jogurty z Ca). W krajach rozwijających się proces ten jest jednym ze sposobów przeciwdziałania z niedożywieniem i występującymi w jego konsekwencji chorobami. W krajach rozwiniętych fortifikacja także jest prowadzona w celu niwelowania występowania chorób cywilizacyjnych. Napoje mleczne fermentowane typu jogurt są dobrym źródłem pozytywnej mikroflory i są też przykładem produktu wzbogacanego dobrowolnie w wapń.

Żelazo i cynk to bardzo ważne dla zdrowia człowieka mikroelementy, ponieważ są niezbędne do prawidłowego rozwoju i wzrostu organizmu. Niedobór żelaza w diecie lub złe jego przyswajanie prowadzi do anemii mikrocytarnej, zmniejszenia tworzenia się leukocytów i upośledzenia odporności oraz ogólnego osłabienia organizmu [Gowin i Horst-Sikorska, 2010]. Natomiast brak cynku upośledza funkcje immunologiczne, proces mineralizacji kości [Ibs i Rink, 2003], prowadzi do chorób skóry i śluzówki oraz może zaburzać funkcje hormonu tarczycy [Gordon i in., 1980]. Jednym ze sposobów niwelowania występowania deficytów tych mikroelementów w diecie jest wzbogacenie żywności w brakujące składniki.

Zgodnie z polską normą PN-A-86061:2002, jogurt to napój wyprodukowany z mleka znormalizowanego, zagęszczonego przez dodatek odtłuszczonego mleka w proszku lub odparowanie części wody, poddanego procesowi pasteryzacji, a następnie ukwaszonego zakwasami czystych kultur bakterii. Jogurt powstaje dzięki fermentacji spowodowanej przez specyficzne mikroorganizmy tj. niepatogenne bakterie termofilne o temperaturze wzrostu 32-45°C np: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. [Kosikowska i Jakubczyk, 1997]. W jelicie grubym człowieka liczba bifidobakterii wynosi średnio 1.6×10^{10} komórek, jednak zależnie od organizmu może się wahać od 8×10^4 do 2.5×10^{13} . Z kolei liczba bakterii z rodzaju *Lactobacillus* wynosi średnio 4×10^9 [Cummings, 1997]. Uważa się, iż bakterie oddziałujące probiotycznie na organizm są niezmiernie ważne w procesie poprawy stanu zdrowia [Libudzisz, 2002]. Fermentowane produkty mleczne oraz zawarte w nich bakterie probiotyczne i inulina utrzymują w dobrym stanie zdrowia jelita i mogą wpływać na zmniejszenie objawów różnych chorób jelit np. zespołu jelita drażliwego [Nowack, 2007].

Skrobia RS4 działa jak prebiotyk, dzięki temu może przyczynić się nie tylko do rozwoju pozytywnej mikroflory w dolnej części przewodu pokarmowego, ale również do polepszenia wchłanianości mikroelementów z diety przez stworzenie odpowiednich warunków w środowisku jelit [Orzeł i in., 2012]. Skrobia bielona - delikatnie utleniona może zaś sprzyjać wzrostowi pozytywnej flory bakteryjnej w jelicie cienkim. W dotychczasowych badaniach wykazano, iż skrobia modyfikowana może być wykorzystana jako nośnik składników mineralnych takich jak żelazo, cynk lub miedź [Śmigielska i in. 2005b; Śmigielska i Lewandowicz, 2007]. Dla poprawienia cech sensorycznych i tekstury jogurtów oraz uzyskania pożądanej smakowitości stosuje się zagęstniki [Jaworska i Hejduk, 2008] zwłaszcza gdy w produkcie finalnym ma być dodany wkład owocowy. Jako zagęstniki stosuje się mleko w proszku, mączkę chleba świętojańskiego, skrobie modyfikowane, inulinę

oraz inne hydrokoloidy. W jogurcie wzbogaconym w mikroelementy rolę zagęstnika może pełnić wzbogacona skrobia modyfikowana.

Celem badań była ocena jakości jogurtów naturalnych wytworzonych z dodatkiem skrobi wzbogaconej, w których zagęstnikiem i nośnikiem mikroelementów byłaby skrobia modyfikowana w jony żelaza i cynku.

Material i metody

Do badań wykorzystano skrobię ziemniaczaną typu RS4 (acetylowany adypinian dwuskrobiowy oraz skrobie utlenione: bieloną (ZB) i utlenioną (ZU) wykonane w laboratorium IBPRS w Poznaniu. Skrobie wzbogacono w jony żelaza (II) i (III) z soli siarczanu (VI) i glukonianu oraz siarczanu (VI) cynku wg metodyki opisanej w pracy [Śmigielska i in., 2005a]. Zawartość żelaza i cynku w skrobi określono przy użyciu spektrometru adsorpcji atomowej (Varian 800) po wcześniejszej mineralizacji prób metodą mokrą (65% kwas azotowy (V)), w piecu mikrofalowym CEM 2000.

Po określeniu zawartości mikroelementów w poszczególnych skrobiach wyliczono dodatek skrobi wzbogaconej do produkcji jogurtów tak by końcowy produkt zawierał nie mniej niż 15% RDA dla żelaza i cynku dla osoby dorosłej. Następnie wykonano jogurty w warunkach laboratoryjnych przy użyciu urządzenia Yogurella 85 i z wykorzystaniem skrobi wzbogaconej jako zagęstnika. Materiał odniesienia stanowiły jogurty wykonane z dodatkiem skrobi niewzbogaconych mikroelementami. Do 165 ml mleka (2% tłuszczu) co stanowiło jedną porcję dodano ok. 4 g skrobi wzbogaconej (tab 1.) i skleikowano w temp. ok. 65°C, następnie mieszaninę ochłodzono do 40°C i dodano 19 g jogurtu naturalnego handlowego będącego nośnikiem żywych kultur bakterii jogurtowych i wstawiono do jogurtownicy (urządzenie termostatowane). W urządzeniu tym próbki pozostawiono przez 8 godz. (w stałej temperaturze ok. 40°C), po czym pojemniki z jogurtami wyjęto i przechowywano przez 12 godzin w warunkach chłodniczych (4°C). Każdą z prób wykonano w trzech powtórzeniach. Skład poszczególnych próbek jogurtów (porcja - 165 ml mleka) wraz z zawartością dodanych składników mineralnych podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład jogurtów laboratoryjnych wytworzonych z i bez udziału skrobi modyfikowanych

L.p.	Nazwa próbki/jogurtu	Rodzaj skrobi	zawartość skrobi [g]	Rodzaj dodanej soli i mikroelementu	RDA dla mikroelementu* w jednej porcji [%]
1.	Jog Nat lab	brak	-	-	-
2.	Ziem.	Superior standard	4,1	-	-
3.	ZU	utleniona E1404	3,4	-	-
4.	ZB	lekko utl.	3,4	-	-
5.	ZRS4	ziem RS4	4,1	-	-
6.	ZB+Zn SO ₄	lekko utl.	4,1	siarczan cynku	22,4
7.	ZB+GZn	lekko utl.	4,2	glukonian cynku	36,8
8.	ZU+GIFe(II)	utleniona E1404	3,4	glukonian żelazaII	20,4
9.	ZRS4+Fe(III)	ziem. RS4	4,0	siarczanVI żelazaIII	27,4
10	ZRS4+Zn(II)	ziem. RS4	4,2	siarczanVI cynku	22,4

*RDA dla Fe-14 mg/dzień, dla Zn-10 mg/dzień dla osoby dorosłej

Wytworzone jogurty poddano analizie uniwersalnego profilu tekstury przy użyciu aparatu TA-XT2 firmy Stable Micro Systems, sprzężonego z komputerem i z użyciem programu Texture Expert Exceed. Badane próbki jogurtów były penetrowane 35 mm sondą aluminiową cylindryczną na głębokość 20 mm, z prędkością 0,5 mm/s w trakcie penetracji oraz z prędkością 1,0 mm/s przed i po. Pomiar przeprowadzano w temperaturze pokojowej dla trzech niezależnych próbek. W analizie określano parametry tekstury, takie jak: twardość, adhezyjność, sprężystość, kohezyjność - spójność i gumistość.

Następnie zbadano lepkość przy użyciu wiskozymetru Brookfielda Model DV II, w jogurtach poddanych zniszczeniu konsystencji pierwotnej (t.j. przez zamieszanie łyżeczką), przy zachowaniu stałych parametrów badania: 50 obr./min, wrzeczono nr 05 lub 06 i odczyt lepkości po 5s, temperatura skrzepu to 16°C.

Pomiar kwasowości czynnej wykonano używając pH metru HI 4521 oraz elektrody kombinowanej HI 1131B firmy Hanna Instruments (USA).

Po 7 dniach przechowywania jogurtów w warunkach chłodniczych wykonano pomiar synerезы stosując metodę wirówkową. W tym celu odważono 30 g jogurtu, odwirowano przy prdkości 2000 obr./min w czasie 10 min, następnie zdekantowano odciek i ponownie zważono próbę. Wartość synerезы jogurtów wyrażono w procentach [%].

Oprócz badań instrumentalnych przeprowadzono również ocenę organoleptyczną wytworzonych laboratoryjnie jogurtów. Przeprowadziło ją sześciu ekspertów, a wyróżnikami organoleptycznymi był: smak, zapach, ogólny wygląd skrzepu jogurtowego i jego konsystencja.

Wyniki i dyskusja

Tabela 2. Wyniki badań uzyskane dla jogurtów niewzbogacanych i wzbogacanych mikroelementami wytworzonych w warunkach laboratoryjnych i jogurtu handlowego

L.p.	Rodzaj jogurtu	pH	pH po 7 dniach	Lepkość [mPa*s]	Synereza [%]
1.	Jog Nat lab	4,49	4,31	1200	25,78
2.	Ziem.	5,19	4,83	2600	41,88
3.	ZB	4,42	4,14	3800	25,12
4.	ZU	4,54	4,27	4400	25,53
5.	RS4	4,51	4,42	2340	26,82
6.	ZB + ZnSO ₄	4,47	4,31	1200	25,78
7.	ZB + GZn	4,35	4,27	3200	24,53
8.	ZU + GFe(II)	4,38	4,19	2480	12,79
9.	RS4 Fe(III)	4,62	4,56	1920	15,18
10.	RS4 Zn(II)	4,61	4,52	1740	10,02
11.	Jogurt handlowy	4,60	4,53	4900	3,2

Wartość kwasowości czynnej jogurtów wpływa na ocenę sensoryczną tych produktów. Szybkie schłodzenie wyrobu ogranicza aktywność metaboliczną bakterii fermentacji mlekowej, ale nie hamuje całkowicie dalszych enzymatycznych przemian składników mleka [Baranowska i in., 2010]. Kwasowość jogurtów produkowanych metodą termostatową wynosi pH 4,2 - 4,7 i jest osiągana po ok. 4 godzinach fermentacji. Wyniki pomiarów kwasowości dla wszystkich badanych jogurtów mieściły się w zakresie od pH 4,38 - 4,62. Jedynie jogurt zagęszczony skrobią ziemniaczaną Superior Standard miał wartość pH powyżej 5. Po siedmiu dniach przechowywania kwasowość ta nieco zwiększyła się. Świadczy to o przeżywalności bakterii i produkcji przez nie kwasu mlekowego podczas przechowywania we wszystkich badanych, wzbogaconych jogurtach. W badaniach różnych autorów pH jogurtów waha się w przedziale od 4,0-5,0. Konsumenci również preferują jogurty o wyższej wartości pH (powyżej pH 4) [Sady i in. 2007; Baranowska i in., 2010]. Poniżej tego pH jogurty oceniane są jako kwaśne. Wartość kwasowości czynnej zależy od ilości bakterii starterowych, od liczby tych bakterii w końcowym etapie produkcji oraz od warunków (ich namnażania) i czasu przeprowadzania procesu. Jak wynika z przeprowadzonych badań dodatek mikroelementów do skrobi, a następnie wykorzystaniu jej jako substratu w produkcji jogurtu, nie wpływał negatywnie na produkcję kwasu mlekowego przez bakterie.

Dodatek skrobi modyfikowanych do jogurtów jest stosowany w celu ich zagęszczenia a także stabilizacji. O właściwościach stabilizujących zastosowanych skrobi świadczy wartość synerezy. W omawianych badaniach największą synerezę zbadano w przypadku jogurtu z udziałem skrobi ziemniaczanej. Natomiast dodatek do jogurtów skrobi spowodował, iż odciek po 7 dniach przechowywania był dość duży dla jogurtów ze skrobią modyfikowaną niewzbogaconą oraz dla jogurtów ze skrobią modyfikowaną wzbogaconą cynkiem. Jogurty z dodatkiem skrobi utlenionej z żelazem i skrobi RS4 z żelazem i cynkiem miały mniejszą wartość procentową odcieku (ok. 10 - 15%), co świadczy o lepszych

właściwościach stabilizujących tego rodzaju skrobi. Jogurt handlowy miał zdecydowanie mniejszą wartość odcieku po czasie przechowywania od momentu zakupu (nie produkcji) w stosunku do jogurtów laboratoryjnych.. Wartość lepkości produktów wytworzonych bez i z udziałem skrobi wzbogaconych różniła się w zakresie od 1200 do 4400 [mPa*s]. Lepkość zbadana dla jogurtu handlowego wynosiła 4900 [mPa*s], a dla jogurtu laboratoryjnego naturalnego jedynie 1200 [mPa*s], świadczy to o konieczności zastosowania zagęstników w jogurtach laboratoryjnych aby uzyskać zbliżoną lepkość do jogurtów handlowych. Dość dużą lepkość uzyskano po dodaniu do jogurtu laboratoryjnego skrobi utlenionej i bielonej oraz tych skrobi z dodatkiem glukonianu żelaza i cynku. Dodatek skrobie RS4 zarówno z żelazem i cynkiem pozwolił na uzyskanie jogurtów których lepkość wynosiła średnio 1830 [mPa*s].

Występująca różnica w lepkości prawdopodobnie wynika z zastosowania w produkcji handlowym zagęstnika - mleka w proszku (zgodnie z informacją na opakowaniu) oraz z powodu dłuższego czasu przechowywania do momentu badania. Wynika to z zachodzącej podczas chłodniczego przechowywania, powolnej proteolizy białek, która prowadzi do zmian w trójwymiarowej sieci skrzepu determinując jego fizyczne właściwości (w tym lepkość i twardość) [Baranowska i in., 2010].

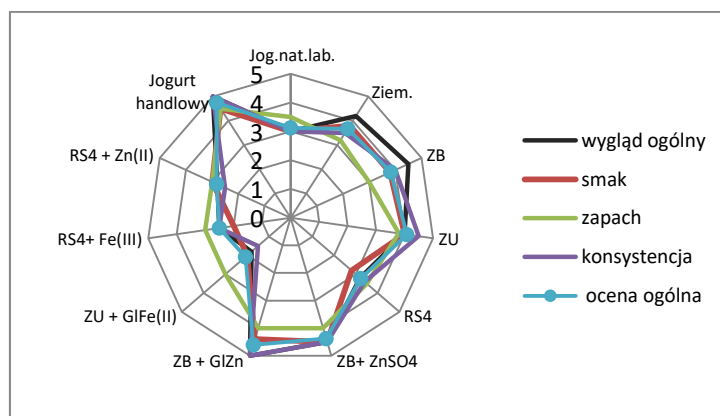
W tabeli 3. przedstawiono wyniki uzyskane podczas analizy profilu tekstury jogurtów po wymieszaniu. Największą wartość twardości uzyskano dla jogurtu z dodatkiem utlenionej skrobi, nieco mniejszą dla skrobi bielonej z dodatkiem cynku, natomiast najmniejszą dla jogurtu z dodatkiem wzbogaconej cynkiem skrobi RS4. Różnice w parametrach tekstury między jogurtami z dodatkiem wzbogaconych mikroelementami skrobi były bardzo niewielkie. Zauważono istotnie statystycznie różnice w twardości między jogurtami z dodatkiem skrobi niewzbogaconych a jogurtami ze skrobią z dodatkiem mikroelementów. Najwyższe wartości parametrów tekstury uzyskano dla jogurtów bez dodatku mikroelementów. Najprawdopodobniej wynika to ze zmian w charakterystyce kleikowania skrobi wzbogaconej mikroelementami [Śmigielska i LeThanh-Blicharz, 2011]. Jednak zmienne właściwości reologiczne wzbogaconych skrobi nie dyskwalifikują ich jako substancji zagęszczających. Jogurty ze skrobią RS4 bez dodatku i z mikroelementami miały bardzo zbliżone do siebie parametry tekstury, które były porównywalne z jogurtem laboratoryjnym naturalnym niezagęszczonym skrobią i innymi zagęstnikami.

Tabela 3. Parametry uniwersalnego profilu tekstury jogurtów laboratoryjnych z różnymi rodzajami skrobi modyfikowanej i fortyfikowanej mikroelementami

L.p.	Rodzaj jogurtu	Twardość [N]	Adhezyjność [N*s]	Spójność	Sprężystość	Gumiastość [N]
1.	Jog. nat. lab.	0,40a	-0,08a	0,75b	0,75a	0,30a
2.	Ziem.nat	0,63c	-2,20c	0,77b	1,06c	0,48b
3.	ZB	0,62c	-2,12c	0,75b	0,94b	0,46b
4.	ZU	0,65c	-2,01c	0,84c	1,02c	0,55c
5.	RS4	0,41a	-0,14b	0,74b	1,04c	0,30a
6.	ZB+Zn SO ₄	0,53b	-1,13c	0,74b	1,07c	0,39b
7.	ZB+GZn	0,40a	-0,10b	0,74b	1,03c	0,29a
8.	ZU+GFe(II)	0,50b	-0,70a	0,76b	0,97b	0,38b
9.	RS4 Fe(III)	0,40a	-0,20a	0,74b	1,03c	0,29a
10.	RS4Zn	0,38a	-0,06a	0,74b	1,03c	0,28a
11.	J. nat. handl.	0,73c	-5,00d	0,71a	0,92b	0,52c

a,b,- wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie
ziem. nat- skrobia ziemniaczana natywna (Superior Standard)

Jednym z ważniejszych wyróżników jakości produktów spożywczych jest smak. Zdarza się że dodatek preparatów mikroelementowych wpływa na smak produktów powodując np. ich gorzkość. Dodatek zaś do skrobi siarczanów żelaza i cynku może powodować wyczuwalny posmak metaliczny [Baryłko-Pikielna i Matuszewska, 2009]. Na rysunku 1 przedstawiono ocenę organoleptyczną jogurtów laboratoryjnych i handlowych.



Rysunek 1. Graficzne przedstawienie oceny organoleptycznej jogurtów laboratoryjnych i handlowego

Podczas oceny organoleptycznej jogurtów uznano, że najlepsze spośród nich były te z dodatkiem skrobi bielonej wzbogaconej cynkiem (4,6p.- ocena ogólna). Jogurt z dodatkiem skrobi z cynkiem charakteryzował się dość zwężłym skrzepem, jednolitą zwartą konsystencją oraz czystym, nieco kwaśnym smakiem. Jogurty z dodatkiem skrobi RS4 + Zn były lekko lejące i kwaskowe (2,8p). Natomiast jogurty z dodatkiem skrobi z żelazem były lejące, przez co ich konsystencja była oceniona najgorzej (2,1p). Podobnie jak w przypadku oceny ogólnej przy ocenie wyróżnika jakim jest smak najwyższą notę otrzymał jogurt zagęszczany skrobią bieloną z zaadsorbowanym siarczanem cynku (4,4p.). Porównanie jogurtów laboratoryjnych z jogurtem handlowym nie przyniosło spodziewanych efektów, to jest uzyskania porównywalnych właściwości tekstury i organoleptycznych. Prawdopodobnie było to spowodowane dodatkiem do jogurtu handlowego jako zagęstnika -mleka w proszku. Jogurty laboratoryjne w większości otrzymały jednak pozytywną ocenę (rysunek 1).

Wnioski

Przedstawione powyżej wyniki eksperymentalne fortyfikowanych jogurtów pozwalają sądzić, że dodatek skrobi modyfikowanych jako zagęstników i jako nośników mikroelementów w jogurtach, po zastosowaniu większych dawek wzbogaconej skrobi, może być wykorzystany w produkcji masowej. Lepsze parametry lepkości oraz kwasowości czynnej uzyskano dla skrobi utlenionych niż dla skrobi RS4. Dodatek zaś skrobi RS4 spowodował, iż najniższa była wartość synerozy w tych jogurtach. W badaniach uniwersalnego profilu tekstury wykazano zróżnicowanie jogurtów w zależności od zastosowanej skrobi jako zagęstnika. Jogurt najbardziej zbliżony pod względem wyróżników uniwersalnego profilu tekstury do jogurtu naturalnego handlowego uzyskano dzięki zastosowaniu skrobi utlenionej niewzbogaconej, a w drugiej kolejności skrobi wzbogaconej cynkiem. Przeprowadzona ocena organoleptyczna wykazała, że jogurty z dodatkiem skrobi utlenionej wzbogaconej mikroelementami były lepsze niż pozostałe jogurty laboratoryjne.

Literatura

Baranowska M., Bohdziewicz K., Staniewski B., Jogurt z dodatkiem preparatu enzymatycznego transglutaminazy Saprone TG1Y, Przegląd mleczarski 2010, 5, 12-18.

Baryłko – Pikielna N., Matuszewska I., Sensoryczne badania żywności, podstawy- metody- zastosowania. Wydawnictwo naukowe PTTŻ, Kraków. 2009.

Cummings J.H.: The large intestine in nutrition and disease. wyd. The Institute Danone 1997, 1-155.

Gordon J., Morley J.E., Hershman J.M, Melatonin *and the thyroid. Hormone and Metabolic Research*, 1980, 12, 71–73.

Gowin E., Horst-Sikorska W., Żelazne zapasy – komu w XXI wieku grozi niedobór żelaza?, *Farmacja Współczesna*, 2010., 3, 139-146.

Kosikowska M., Jakubczyk E. „Napoje mleczne z udziałem tradycyjnych i nowych mikroorganizmów”, *Przemysł Spożywczy*, 1997, 8, 12-15.

Libudzisz, Z., *Mikrobiologiczne i technologiczne aspekty probiotyków*. W: *Probiotyki*. Wyd. Nauk. PTTŻ, 2002, 11-22.

Nowack R., Cranberry juice-A well-characterized folk-remedy against bacterial urinary tract infection. *Wien Med Wochenschr*, 2007, 157, 325-330.

Orzeł D., Zięba T., Bronkowska M., Styczyńska M., Biernat J., Wpływ preparatów skrobi opornych dodawanych do diet zwierząt doświadczalnych na absorpcję pozorne wapnia i fosforu *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV*, 2012, 3296–302.

Polska Norma, PN-A-86061:2002. Mleko i przetwory mleczne.

Sady, M., Domagała, J., Grega, T., Kalicka, D., Wpływ czasu przechowywania na mikroflorę jogurtów z dodatkiem nasion amarantusa i ziaren owsa, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 6 (55), 242 – 250.

Śmigielska H., Le Thanh-Blicharz J., Wpływ adsorpcji soli organicznych i nieorganicznych żelaza i cynku na właściwości reologiczne skrobi modyfikowanej, w Małecka M., Samotyja U., (red.) *Towaroznawstwo w kształtowaniu jakości i cech prozdrowotnych żywności*, Wyd. UE w Poznaniu (UEP), 2011, 229-238.

Śmigielska H., Lewandowicz G., Goslar J., Hoffmann S. K., Binding of the Trace Elements: Cu(II) and Fe(III) to the Native and Modified Nutritive Potato Starches Studied by Electron Paramagnetic Resonance. *Acta Physica Polonica A*, 2005a, 108 (2), 303-310.

Śmigielska H., Lewandowicz J., Le Thanh-Blicharz J., Wpływ skrobi odpornej typu RS4 na barwę i właściwości reologiczne keczupu. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* 2013, 2, 87, 137-149.

Śmigielska, H., Lewandowicz, G., Walkowski, A., Wpływ dodatku mikroelementów na właściwości użytkowe skrobi utlenionych, *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria*, 2005b, 4, 289-302.

DANUTA GÓRECKA

Katedra Technologii Żywienia Człowieka

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

gordan@up.poznan.pl

KRZYSZTOF DZIEDZIC

Katedra Dietetyki i Kosmetologii

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie

EMILIA SZAFARZ, MAGDALENA SZAFARZ

P.P.H.U. MIPAMA Import-Export E.Z.

OCENA WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNYCH GLUKOMANNANU

Streszczenie

Glukomannan (GM) jest polisacharydem otrzymywanym z korzenia rośliny *Amorphophallus konjac* K. Koch, należącej do rodziny Araceae. Głównym składnikiem tego polisacharydu jest D-mannoza i D-glukoza połączone wiązaniem beta glikozydowym (beta 1-4).

Celem badań była ocena właściwości funkcjonalnych glukomannanu, takich jak: rozpuszczalność, lepkość oraz zdolność do żelowania. Przygotowano roztwory wodne glukomannanu o stężeniu 0,5%, 1% i 1,5%. Ocenę stopnia rozpuszczalności preparatu przeprowadzono w temperaturze 20°C, 60°C i 90°C oraz w środowisku o zróżnicowanym odczynie (pH 6,0; 2,0 i 4,5). Lepkość każdego z roztworów badano po jednogodzinnej inkubacji w temperaturze 20°C, 60°C i 90°C. Określono również szybkość żelowania roztworów glukomannanu (1%) w zależności od temperatury i odczynu środowiska oraz obecności innych substancji, takich jak: agar, karagen i żelatyna (0,5%, 1%, 1,5%).

Wraz ze wzrostem stężenia GM zaobserwowano skrócenie czasu rozpoczęcia procesu żelowania badanych roztworów z ok. 24 min przy stężeniu 0,5% do ok. 10 min przy stężeniu 1,5%.

Na szybkość rozpuszczania GM miał wpływ odczyn środowiska, temperatura oraz stężenie GM. Dodatek żelatyny, karagenu i agaru wpłynął na wartość lepkości w zróżnicowany sposób. Największą lepkością w temp. 20°C cechował się roztwór GM z 1,5% dodatkiem karagenu (1181 mPas), najmniejszą zaś z 1,5% dodatkiem żelatyny (82,3 mPas).

Słowa kluczowe: błonnik rozpuszczalny, glukomannan, właściwości funkcjonalne

Wprowadzenie

Glukomannan jest to rozpuszczalny w wodzie wielocukier, obficie występujący w bulwach rośliny konjac (*Amorphophallus konjac* K. Koch) należącej do rodziny Araceae. Konjac to roślina wieloletnia uprawiana głównie w Chinach, Tajlandii i Japonii [Li i Xie, 2003; Takigami, 2012].

Głównymi składnikami glukomannanu są D-mannoza i D-glukoza połączone wiązaniem beta glikozydowym (beta 1-4). Stosunek mannozy do glukozy zależy od pochodzenia glukomannanu, jednak najczęściej wynosi on 1,6:1 w przypadku *Amorphophallus konjac* [Keithley i Swanson, 2005], podczas gdy dla glukomannanu ekstrahowanego z *Amorphophallus paeoniifolius*, *Amorphophallus panomensis* czy *Amorphophallus tonkinensis* wynosi, odpowiednio 1:0,13; 1:0,10 i 1:0,25 [Nguyen i in., 2010]. Obecność grup C-O w chemicznej strukturze glukomannanu daje możliwość łączenia tej substancji z takimi polimerami jak, np. białka, które zawierają grupy -OH, -NH₂, -CONH₂ czy też -COOH [Xu i in., 2007; Widjanarko i in., 2011]. Prowadzenie procesu deacetylacji podczas otrzymywania glukomannanu ułatwia jego interakcję z innymi polimerami takimi jak: skrobia, karageniany czy guma ksantanowa [Alonso-Sande i in., 2009]. Glukomannan cechuje się dużą masą cząsteczkową (200-2000 kDa), a także dużą lepkością, największą spośród różnych typów gum [Yaseen i in., 2005]. Masa cząsteczkowa glukomannanu zależy od jego pochodzenia, metody przetwarzania i czasu przechowywania surowca.

Glukomannan wykazuje działanie w organizmie człowieka takie jak błonnik pokarmowy. Wiele badań wskazuje, że substancja ta obniża poziom cholesterolu we krwi [Salas-Salvadó i in., 2008] i wykazuje działanie hipolipidemiczne [Arvill i Bodin, 1995; Hozumi i in., 1995; Gallaher i in., 2000; Yamada i in., 2003]. Przypuszcza się, że obniżenie poziomu cholesterolu w wątrobie następuje w wyniku hamowania jego wchłaniania, przy czym spośród wielu polisacharydów stosowanych w żywieniu zwierząt (glukomannan, galaktomannan, i arabinogalaktan) najsilniejsze działanie hipolipidemiczne wykazywał glukomannan [Gallaher i in., 2000; Boban i in., 2006]. Glukomannan wpływa również korzystnie na metabolizm cukrów [Vuksan i in., 1999; Vuksan i in., 2000]. Sugeruje się, że działanie hipoglikemiczne może być związane ze zmniejszeniem powstawania wolnych rodników, a tym samym obniżeniem ryzyka uszkodzenia komórek trzustki [Lu i in., 2002; Kania i in., 2013]. Glukomannan, zaliczany do rozpuszczalnej frakcji błonnika pokarmowego, poprawia perystaltykę jelit [Canga i in., 2004], a także, ze względu na niską wartość energetyczną (3 kcal/100 g), obniża masę ciała [Walsh i in., 1984; Vita i in., 1992; Vido i in., 1993; Cairella i Marchini, 1995; Birketvedt i in. 2005; Kania i in., 2013, Keithley i in., 2013]. Podawany osobom z nadwagą i otyłym przez 16 tygodni zwiększał odczucie sytości i wpływał na obniżenie masy ciała [Salas-Salvado i in., 2008]. Udokumentowane wyniki wskazują również na działanie zapobiegające zmianom nowotworowym w jelicie grubym. Glukomannan izolowany z rośliny *Amorphophallus konjac* zmniejszał indukowaną toksyczność i poziom uszkodzeń DNA komórek gruczolakoraka jelita grubego [Yeh i in., 2007]. Zmniejszenie cytotoxyczności i uszkodzeń DNA komórek Caco-2 przypisuje się zwiększeniu liczby bakterii probiotycznych i chelatowaniu jonów żelaza [Yeh i in., 2007]. Suzuki i in. [2010] wskazują również na korzystne działanie glukomannanu w zapobieganiu chorobom alergicznym.

Glukomannan wykazuje wiele właściwości funkcjonalnych, m.in. cechuje się dobrą rozpuszczalnością w wodzie i absorpcją wody (może wchłaniać 100 razy więcej wody w stosunku do swojej objętości), tworzy żele, w roztworach wodnych tworzy ciecze pseudoplastyczne, jest stabilny w środowisku kwaśnym, nawet przy pH poniżej 3,3, wykazuje efekt synergistyczny z gumą ksantanową (dodatek 0,02-0,03% do 1% gumy

ksantanowej zwiększa 2-3-krotnie lepkość roztworu) [Gao i Nishinari, 2004]. Świeża bulwa *Amorphophallus konjac* zawiera średnio 13% suchej masy, z czego 70% przypada na glukomannan, a pozostałe 30% stanowi skrobia. Bulwy *Amorphophallus konjac* stanowią składnik tradycyjnych potraw w Azji. Glukomannan obecnie stosowany jest jako dodatek do żywności, emulgator i środek zagęszczający [Katsuraya i in., 2003]. Ze względu na ciągły wzrost liczby osób z nadwagą i otyłych poszukuje się nowych produktów, które mogą być spożywane przez osoby chcące zredukować masę ciała. Glukomannan daje taką możliwość. Badania Góreckiej i in. [2015] wykazały, że cechy sensoryczne produktów z dodatkiem glukomannanu były bardzo zbliżone do prób kontrolnych, a nawet korzystniejsze. Spośród badanych ciastek kruchych najwyższą ogólną pożądalnością cechowały się wyroby, w których 15% mąki zastąpiono glukomannanem. Jednakże możliwość wykorzystania preparatu w produkcji żywności wiąże się z poznaniem jego właściwości funkcjonalnych, tj. żelowania, rozpuszczalności i lepkości w różnej temperaturze i w różnym środowisku.

Celem badań była ocena właściwości funkcjonalnych glukomannanu, takich jak: rozpuszczalność, lepkość oraz zdolność do żelowania, a także ocena szybkości żelowania roztworów glukomannanu (1%) w zależności od temperatury i odczynu środowiska oraz obecności innych substancji, takich jak: agar, karagen i żelatyna (0,5%, 1%, 1,5%).

Material i metody

Materiałem do badań był preparat handlowy glukomannanu (GK) pochodzący z rośliny *Amorphophallus konjac* (Diethelm Co., Ltd., Bangkok, Tajlandia). Przygotowano roztwory wodne glukomannanu o stężeniu 0,5%, 1% i 1,5%. Ocenę stopnia rozpuszczalności preparatu przeprowadzono w temperaturze 20°C, 60°C i 90°C oraz w środowisku o zróżnicowanym odczynie (pH 6,0; 2,0 i 4,5). Lepkość każdego z roztworów badano po jednogodzinnej inkubacji w temperaturze 20°C, 60°C i 90°C, wykorzystując lepkościomierz Fungilab, expert L. Szybkość żelowania roztworów glukomannanu (1%) w zależności od temperatury i odczynu środowiska oraz obecności innych substancji, takich jak: agar, karagen i żelatyna (0,5%; 1%; 1,5%) określano w temperaturze 60°C oraz po wystudzeniu do temperatury pokojowej (20°C).

Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano przy pomocy programu komputerowego STATISTICA 12 (StatSoft, Polska). Dane analizowano testem Tukey'a przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wyniki dotyczące wybranych właściwości fizycznych glukomannanu (GM) w zależności od zastosowanego stężenia badanej substancji oraz temperatury i pH przedstawiono w tabeli 1. Wraz ze wzrostem stężenia GM w zakresie od 0,5% do 1,5% zaobserwowano istotne skrócenie czasu rozpoczęcia procesu żelowania badanych roztworów z ok. 24 min przy stężeniu 0,5% do ok. 10 min przy stężeniu 1,5%. Podobnych obserwacji dokonano analizując rozpuszczalność badanego preparatu. W środowisku kwaśnym (pH=2,0) i w temperaturze 20°C, GM (0,5%) uległ całkowitemu rozpuszczeniu po ok. 64 min, natomiast przy wyższym stężeniu GM (1,5%) czas ten ulegał skróceniu do ok. 19 min. Lepkość każdego z roztworów badano po 1. godzinnej inkubacji w określonej

temperaturze. Wraz ze wzrostem stężenia preparatu zaobserwowano zwiększenie lepkości badanych roztworów. Po 1. godzinnej inkubacji roztworu z 0,5% dodatkiem GM, w temp. 20°C lepkość roztworu osiągnęła wartość 49,33 mPas i istotnie zwiększała się wraz ze wzrostem stężenia GM: 1% - 187 mPas; 1,5% - 2269 mPas. Zaobserwowano również wpływ temperatury na czas żelowania i rozpuszczenia GM. Im wyższa temperatura tym krótszy czas żelowania i rozpuszczenia preparatu. Wraz ze wzrostem temperatury odnotowano zmniejszenie lepkości roztworów.

Roztwór GM o 1,5% stężeniu w środowisku o pH=2,0, w temperaturze 20°C charakteryzował się lepkością 2269 mPas, natomiast w temperaturze 90°C, przy zachowaniu tych samych warunków, lepkość kształtowała się na poziomie ok. 8 mPas. Podobną tendencję stwierdzono w środowisku o pH=4,7 i pH=7,2.

Biorąc pod uwagę odczyn środowiska i temperaturę, najdłuższym czasem żelowania cechował się 0,5% roztwór GM w temp. 20°C w środowisku o pH 4,7 i 7,2. W przypadku rozpuszczalności najdłuższym czasem rozpuszczania cechował się 1% roztwór w temp. 20°C, pH 4,7 (65,33 min) oraz 0,5% roztwór w temp. 20°C, pH 7,2 i 4,7, odpowiednio 60,0 i 59,67 min. Z kolei największą lepkością cechował się 1,5% roztwór GM w środowisku o pH 2,0 i w temp. 20°C (2269,0 mPas), a następnie 1% roztwór GM w środowisku o pH 7,2 i w temp. 60°C (1843 mPas), najniższą zaś 1% roztwór w środowisku o pH 2,0 w temp. 90°C (1 mPas) oraz 0,5% roztwór (pH 2,0; temp. 90°C) – 4,0 mPas. Na dużą lepkość roztworów glukomannanu, w zależności od temperatury i odczynu środowiska zwracał uwagę Kők i in. (2009), Williams i in. (2000) oraz Zhang i in. (2001).

Hydrokoloidy są powszechnie stosowane w przemyśle spożywczym w celu poprawienia tekstury i reologicznych właściwości produktów bazujących na skrobi. W tabeli 2 przedstawiono synergistyczny efekt działania GM wobec agaru, (AG), karagenu (KA) i żelatyny (ŻE). W temp. 60°C największą lepkością cechował się roztwór z agarem (GM – 1%, AG – 1%) i karagenem (GM – 1%, KA – 1,5%), odpowiednio 122,33 i 125,67 mPas. Wraz ze wzrostem stężenia żelatyny odnotowano zmniejszenie lepkości roztworów podczas inkubacji w badanych warunkach od wartości 92,67 mPas (GM/ŻE – 1%/0,5%) do 53,67 mPas (GM/ŻE – 1%/1,5%). Badanie lepkości powtórzono po ochłodzeniu roztworów do temperatury pokojowej (20°C).

W tych warunkach największą lepkość osiągnęły roztwory z GM (1%) i KA (1,5%) – 1181,0 mPas, a następnie roztwory GM (1%) z agarem (1 i 1,5%), odpowiednio 549,67 i 543,67 mPas. W przypadku żelatyny lepkość roztworu była na podobnym poziomie (od 82,33 do 85,33 mPas).

WSPÓŁCZESNE TRENDY W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI ŻYWNOSTI

Tabela 1. Szybkość żelowania, rozpuszczalność oraz lepkość glukomannanu w zależności od odczynu środowiska, temperatury i stężenia glukomannanu

Cechy/Stężenie	pH = 2,0			pH = 4,7			pH = 7,2		
	20°C X ±SD	60°C X ±SD	90°C X ±SD	20°C X ±SD	60°C X ±SD	90°C X ±SD	20°C X ±SD	60°C X ±SD	90°C X ±SD
0,5%									
Żelowanie (min)	24,67 ^g ±1,53	14,0 ^e ±0,0	7,33 ^b ±0,53	34,33 ^h ±0,58	21,0 ^f ±1,73	11,67 ^d ±0,58	35,33 ^h ±1,53	9,33 ^c ±0,58	6,33 ^a ±0,58
Rozpuszczalność (min)	63,67 ^f ±4,16	18,33 ^{b,c} ±1,53	16,67 ^b ±1,53	59,67 ^f ±1,53	37,33 ^e ±2,08	27,33 ^d ±0,58	60,00 ^f ±0,00	16,33 ^b ±0,58	10,00 ^a ±0,00
Lepkość (mPas)	49,33 ^d ±6,51	27,33 ^c ±3,86	4,0 ^a ±1,00	93,67 ^e ±7,50	120,33 ^f ±5,03	157,33 ^g ±2,52	22,33 ^b ±1,15	27,67 ^c ±4,04	118,67 ^f ±5,86
1%									
Żelowanie (min)	11,67 ^e ±1,15	6,67 ^c ±0,58	5,33 ^b ±0,58	12,67 ^{e,f} ±0,58	8,67 ^d ±1,15	4,67 ^b ±1,15	13,33 ^f ±1,15	5,67 ^{b,c} ±0,58	3,00 ^a ±0,00
Rozpuszczalność (min)	26,67 ^d ±3,57	9,67 ^b ±0,58	8,00 ^a ±1,00	65,33 ^f ±2,52	14,33 ^c ±1,15	10,67 ^b ±1,15	50,67 ^e ±5,03	13,67 ^c ±0,58	7,67 ^a ±0,58
Lepkość (mPas)	187,0 ^d ±3,61	128,0 ^c ±2,00	1,00 ^a ±0,00	494 ^f ±7,94	548 ^g ±8,07	234,87 ^e ±10,01	40,67 ^b ±4,51	1843,0 ⁱ ±25,76	1226,0 ^h ±23,58
1,5%									
Żelowanie (min)	9,67 ^d ±0,58	3,0 ^b ±0,00	2,67 ^{a,b} ±1,15	10,33 ^{d,e} ±0,58	4,0 ^c ±0,58	2,0 ^a ±0,00	11,33 ^e ±0,58	3,00 ^b ±0,00	3,00 ^b ±0,00
Rozpuszczalność (min)	18,67 ^e ±1,53	6,33 ^b ±0,58	4,33 ^a ±0,58	20,33 ^f ±1,15	13,00 ^d ±0,00	6,67 ^b ±0,58	31,33 ^g ±0,58	11,67 ^c ±0,58	6,00 ^b ±0,00
Lepkość (mPas)	2269,0 ^h ±27,02	223,0 ^b ±7,21	8,33 ^a ±0,58	1640,8 ^g ±27,01	268,67 ^d ±8,14	292 ^d ±7,21	772,0 ^f ±23,19	231,33 ^c ±2,53	534,0 ^e ±21,18

a – i – różne litery w wierszu oznaczają różnice statystyczne na poziomie istotności $p < 0,05$.

Tabela 2. Efekt synergistyczny glukomannanu (GM) wobec agaru (AG), karagenu (KA) i żelatyny (ŻE)

Cechy	GM/AG (%/%)			GM/KA (%/%)			GM/ŻE (%/%)		
	1/0,5	1/1	1/1,5	1/0,5	1/1	1/1,5	1/0,5	1/1	1/1,5
Żelowanie (min) - 60°C	2,0 ^a ±0,0	2,0 ^a ±0,0	2,0 ^a ±0,0	2,0 ^a ±0,0	2,0 ^a ±0,0	2,0 ^a ±0,0	3,0 ^b ±0,0	3,0 ^b ±0,0	3,0 ^b ±0,0
Rozpuszczalność (min) - 60°C	11,0 ^c ±0,6	11,0 ^c ±0,5	11,3 ^{c,d} ±0,45	10,0 ^b ±0,9	9,33 ^a ±0,58	10,0 ^b ±0,02	12,67 ^e ±0,58	12,33 ^{d,e} ±0,58	13,0 ^e ±0,0
Lepkość (mPas) - 60°C	64,33 ^c ±1,15	122,33 ^f ±2,0	94,67 ^e ±1,13	20,67 ^a ±0,58	92,67 ^e ±3,73	125,67 ^f ±1,53	92,67 ^e ±2,51	82,67 ^d ±2,52	53,67 ^b ±1,52
Lepkość (mPas) - 20°C	166,3 ^e ±2,03	549,67 ^f ±8,5	543,67 ^f 5,01	32,67 ^a ±1,21	89,67 ^d ±0,58	1181,0 ^g ±23,37	85,33 ^c ±2,52	84,33 ^c ±1,31	82,33 ^b ±0,58

a – f – różne litery w wierszu oznaczają różnice statystyczne na poziomie istotności $p < 0,05$.

Wnioski

1. Wraz ze wzrostem stężenia glukomannanu zaobserwowano skrócenie czasu rozpoczęcia procesu żelowania badanych roztworów.
2. Na szybkość rozpuszczania glukomannanu miał wpływ odczyn środowiska, temperatura oraz stężenie.
3. Roztwory glukomannanu w obecności agaru, karagenu i żelatyny cechowały się krótszym czasem żelowania i rozpuszczalności, ale mniejszą lepkością. Największą lepkością w temp. 20°C cechował się roztwór GM z 1,5% dodatkiem karagenu, najmniejszą zaś z 1,5% dodatkiem żelatyny.

Literatura

Alonso-Sande M., Teijerio-Osorio D., Remunan-Lopez C., Alonso M.J., Glucomannan, a promising polysaccharide for biopharmaceutical purposes. *The European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 2009, 72, 453-462.

Arvill A., Bodin L., Effect of short-term ingestion of konjac glucomannan on serum cholesterol in healthy men. *American Journal Clinical Nutrition*, 1995, 61 (3), 585-589.

Birketvedt G.S., Shimshi M., Erling T., Florholmen J., Experiences with three different fiber supplements in weight reduction. *Medical Science Monitor*, 2005, 11, P15-8.

Boban P.T., Nambisan B., Sudhakaran P.R., Hypolipidaemic effect of chemically different mucilages in rats: a comparative study. *British Journal of Nutrition*, 2006, 96 (6), 1021-1029.

Cairella M., Marchini G., Evaluation of the action of glucomannan on metabolic parameters and on the sensation of satiation in overweight and obese patients. *La Clinica Terapeutica*, 1995, 146, 269-274.

Canga A.G., Martínez N.F., Sahagún A.M., García Vieitez J.J., Díez Liébana M., Calle Pardo A.P., Castro Robles L.J., Sierra Vega M., Glucomanano: propiedades y aplicaciones terapéuticas. *Nutrición Hospitalaria*, 2004, 19 (1), 45-50.

Gallaher C.M., Munion J., Hesslink R.Jr., Wise J., Gallaher D.D., Cholesterol reduction by glucomannan and chitosan is mediated by changes in cholesterol absorption and bile acid and fat excretion in rats. *Journal Nutrition*, 2000, 130 (11), 2753-2759.

Gao S., Nishinari K., Effect of degree of acetylation on gelation of konjac glucomannan. *Biomacromolecules*, 2004, 5, 175-185.

Górecka D., Dziedzic K., Szafarz M., Szafarz E., Zastosowanie glukomannanu w produkcji żywności prozdrowotnej. *Przemysł Spożywczy*, 2015, 11 (69), 30-32.

Hozumi T., Yoshida M., Ishida Y., Mimoto H., Sawa J., Doi K., Kazumi T., Long-term effects of dietary fiber supplementation on serum glucose and lipoprotein levels in diabetic rats fed a high cholesterol diet. *Endocrine Journal*, 1995, 42 (2), 187-192.

Kania M., Derebecka N.N., Przemysław Ł. Mikołajczak P.Ł., Kujawski R., Mrozikiewicz P.M., Glukomannan i inne substancje pochodzenia roślinnego stosowane w leczeniu otyłości oraz chorób towarzyszących. *Postępy Fitoterapii*, 2013, 2, 132-139.

Katsuraya K., Okuyama K., Hatanaka K., Oshima R., Sato T., Matsuzaki K. Constitution of konjac glucomannan: chemical analysis and ¹³C NMR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 2003, 53, 183-189.

Keithley J., Swanson B., Glucomannan and obesity: A critical review. *Alternatives Therapies in Health and Medicine*, 2005, 11 (6), 30-34.

Keithley J.K., Swanson B., Mikolaitis S.L., DeMeo M., Zeller J.M., Fogg L., Adamji J., Safety and Efficacy of Glucomannan for Weight Loss in Overweight and Moderately Obese Adults. *Journal of Obesity*, 2013, 10, 369 (15), 1425-1433.

Kök M.S., Abdelhameed A.S., Ang S., Morris G.S., Harding S.E., A novel global hydrodynamic analysis of the molecular flexibility of the dietary fibre polysaccharide konjac glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 2009, 23, 1910-1917.

Li B., Xie B.J., Study on gel formation mechanism of konjac glucomannan. *Agricultural Sciences in China*, 2003, 2, 424-428.

Lu X.J., Chen X.M., Fu D.X., Cong W., Ouyang F., Effect of *Amorphophallus konjac* oligosaccharides on STZ-induced diabetes model of isolated islets. *Life Sciences*, 2002, 72 (6), 711-719.

Nguyen T.A., Do T.T., Nguyen T.D., Pham L.D., Nguyen V.D., Characterization of glucomannan for some *Amorphophallus* species in Vietnam. *Carbohydrate Polymers*, 2010, 80, 308-311.

Salas-Salvadó J., Farrés X., Luque X., Narejos S., Borrell M., Basora J., Anguera A., Torres F., Bulló M., Balanza R., Effect of two doses of a mixture of soluble fibres on body weight and metabolic variables in overweight or obese patients: a randomised trial. *British Journal of Nutrition*, 2008, 99 (6), 1380-1387.

Suzuki H., Oomizu S., Yanase Y., Onishi N., · Uchida K., · Mihara S., · Ono K., · Kameyoshi Y., · Hide M., Hydrolyzed konjac glucomannan suppresses IgE production in mice B cells. *International Archives Allergy Immunology*, 2010, 152 (2), 122-130.

Takigami S., History and use of Konjac Glucomannan in Japan and Future View. *Foods & Food Ingredients Journal of Japan*, 2012, 217, 1.

Vido L., Facchin P., Antonello I., Gobber D., Rigon R., Childhood obesity treatment: double blinded trial on dietary fibres (glucomannan) versus placebo. *Pädiatrie & Pädologie*, 1993, 28, 133-136.

Vita P.M., Restelli A., Caspani P., Klinger P., Chronic use of glucomannan in the dietary treatment of severe obesity. *Minerva Medica*, 1992, 83, 135-139.

Vuksan V., Jenkins D.J.A., Spadafora P., Sievenpiper J.L., Owen R., Vidgen E., Brighenti F., Josse R.G., Leiter I.A., Thompson C.B., Konjac-mannan (glucomannan) improves

glycemia and other associated risk factors for coronary heart disease in type 2 diabetes. A randomized controlled metabolic trial. *Diabetes Care*, 1999, 22, 913-919.

Vuksan V., Sievenpiper J.L., Owen R., Swilley J.A., Spadafora P., Jenkins D.J., Vidgen E., Brighenti F., Josse R.G., Leiter L.A., Xu Z., Novokmet R., Beneficial effects of viscous dietary fiber from konjac-mannan in subjects with the insulin resistance syndrome: results of a controlled metabolic trial. *Diabetes Care*, 2000, 23, 9-14. Walsh D.E., Yaghoubian V., Behforooz A., Effect of glucomannan on obese patients: a clinical study. *International Journal of Obesity*, 1984, 8, 289-293.

Yamada K., Tokunaga Y., Ikeda A., Ohkura K., Kaku-Ohkura S., Mamiya S., Lim B.O., Tachibana H., Dietary effect of guar gum and its partially hydrolyzed product on the lipid metabolism and immune function of Sprague-Dawley rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2003, 67 (2), 429-433.

Yaseen E.I., Herald T.J., Aramouni F.M., Alavi S., Rheological properties of selected gum solution. *Food Research International*, 2005, 38, 111-119.

Yeh S.L., Lin M.S., Chen H.L., Inhibitory effects of a soluble dietary fiber from *Amorphophallus konjac* on cytotoxicity and DNA damage induced by fecal water in Caco-2 cells. *Planta Medica*, 2007, 1384-1388.

Widjanarko S.B., Nugroho A., Estiasih T., Functional interaction components of protein isolates and glucomannan in food bars by FTIR and SEM studies. *African Journal of Food Science*, 2011, 5 (1), 12-21.

Williams M.A.K., Foster T.J., Martin D.R., Norton I.T., Yoshimura M., Nishinari K., A molecular description of the gelation mechanism of konjac mannan. *Biomacromolecules*, 2000, 1, 440-450.

Xu Z., Sun Y., Yang Y., Ding J., Pang J., Effect γ -Irradiation on some physicochemical properties of konjac glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 2007, 70, 444-450.

Zhang H., Yoshimura M., Nishinari K., Williams M.A.K., Foster T.J., Norton I.T., Gelation behavior of konjac glucomannan with different molecular weights. *Biopolymers*, 2001, 59, 38-50.

BARTOSZ KULCZYŃSKI, ANNA GRAMZA MICHAŁOWSKA

JOANNA JANKOWIAK

Katedra Technologii Żywienia Człowieka

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

bartosz.kulczynski@up.poznan.pl

AKTYWNOŚĆ BIOLOGICZNA ZIELONEJ HERBATY

Streszczenie

Zielona herbata pozyskana z wiecznie zielonego krzewu *Camellia sinensis* cechuje się wysoką aktywnością biologiczną. Właściwości przeciwutleniające zielonej herbaty zdeterminowane są dużą zawartością katechin: galusanu epigalokatechiny, galusanu epikatechiny, epigalokatechiny oraz epikatechiny. Wyniki licznych badań wskazują, że zielona herbata może zmniejszać ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych (miażdżycy, nadciśnienia tętniczego krwi) oraz niektórych nowotworów. Sugeruje się również, że zawarte w niej flawonoidy mają działanie przeciwcukrzycowe.

Słowa kluczowe: zielona herbata, przeciwutleniacze, galusan epigalokatechiny, właściwości prozdrowotne

Wprowadzenie

Zielona herbata pozyskiwana jest z liści wiecznie zielonego krzewu *Camellia sinensis* należącego do rodzaju *Kamelia* (łac. *Camellia*) i rodziny herbatowatych (*Theaceae*). Roślina ta rośnie głównie w strefie klimatu umiarkowanego i tropikalnego, przede wszystkim w rejonach Chin, Indii, Sri Lanki i Japonii. Uprawiana jest również w krajach Afryki i Ameryki Południowej [Senanayake, 2013]. Obok zielonej herbaty, z tych samych liści *Camellia sinensis* otrzymać można również herbatę białą, czarną oraz oolong, różniące się sposobem przetwarzania oraz stopniem utlenienia liści [Namita i in., 2012]. W przypadku herbaty zielonej, liście tuż po zbiorze poddawane są działaniu gorącej pary, zapobiegającej ich fermentacji oraz inaktywującej enzym – oksydazę polifenolową, odpowiedzialny za rozkład związków fenolowych. Następnie liście są suszone, co pozwala na zachowanie oliwkowo-zielonej barwy liści [Gramza i in., 2005; Gaur i Agnihotri, 2014]. Szacuje się, że każdego roku na całym świecie wytwarzanych jest ok. 2,5 miliona ton liści herbacianych, przy czym ok. 20% produkcji stanowi herbata zielona, spożywana głównie w Azji, Afryce Północnej, Stanach Zjednoczonych i Europie [Chacko i in., 2010]. Jak podaje literatura, pierwsze wzmianki o właściwościach prozdrowotnych zielonej herbaty pochodzą z Chin i sięgają 2737 roku p.n.e. W tradycyjnej medycynie chińskiej herbatę wykorzystuje się jako środek stymulujący, moczopędny, ściągający, czy kardioprotekcyjny. Napój ten stosowany jest również w łagodzeniu wzdęć, regulacji poziomu cukru we krwi oraz w celu poprawy funkcji trawiennych i umysłowych [Ogle, 2009]. Aktualne wyniki badań potwierdzają szerokie działanie prozdrowotne zielonej herbaty. Wymienia się tu m.in. właściwości przeciwnowotworowe, hipolipemiczne, hipoglikemiczne, czy też przeciwdrobnoustrojowe

[Salim, 2014]. Pozytywny wpływ zielonej herbaty na zdrowie organizmów wynika przede wszystkim z obecnych w tych surowcu związków polifenolowych, cechujących się wysokim potencjałem przeciwutleniającym [Sinija, 2008; Rani i in., 2014].

Skład chemiczny

Szacuje się, że w zielonej herbacie występuje ok. 4000 związków bioaktywnych, wśród których najważniejszymi są wspomniane polifenole [Namita i in., 2012]. W grupie tej największy odsetek stanowią katechiny: 3-galusan epigalokatechiny (EGCG), 3-galusan epikatechiny (ECG), epigalokatechina (EGC) oraz epikatechina (EC). Związki te mogą stanowić do 40% suchej masy liści [Clement, 2009]. Dla porównania, herbata czarna zawiera 3-10% polifenoli [Gaur i Agnihotri, 2014]. W skład zielonej herbaty wchodzi również flawonole (kemferol, kwercetyna, mirycetyna), kwasy fenolowe (kwas galusowy, chlorogenowy, kawowy), a także inne związki w mniejszych ilościach np.: kofeina, teobromina i teofilina, stigmasterol [Całka i in., 2008]. Wśród węglowodanów wymienia się m.in. celulozę, pektyny, glukozę, fruktozę, sacharozę [Gaur i Agnihotri, 2014]. W produkcji tym zidentyfikowano obecność składników mineralnych: sodu, potasu, wapnia, glinu, chromu, seleniu, manganu i żelaza oraz lipidów: kwasu linolowego i linolenowego [Reto i in., 2014]. Na smak i aromat herbaty, poza flawonoidami i kofeiną wpływają związki karbonylowe, terpenoidy (geraniol, linalol, hotrienol, α -terpineol), a także aminokwasy (teanina, seryna, arginina, alanina) [Senanayake, 2013]. Procentowa zawartość wybranych związków obecnych w zielonej herbacie została przedstawiona w Tabeli 1, zaś w Tabeli 2 zamieszczono skład flawonoidów naparu herbacianego.

Aktywność biologiczna

W ostatnich latach prowadzono szeroko zakrojone badania dotyczące aktywności biologicznej zielonej herbaty oraz jej wpływu na zdrowie. Większość tych doświadczeń oparta jest na badaniach *in vitro* oraz na modelach zwierzęcych. W dalszej części pracy omówiono właściwości przeciwutleniające zielonej herbaty oraz jej potencjalne działanie terapeutyczne.

Właściwości przeciwutleniające

Polifenole zawarte w zielonej herbacie wykazują zdolność do zmiatania reaktywnych form tlenu poprzez tworzenie bardziej stabilnych rodników fenolowych [Forester i Lambert, 2011]. Przeprowadzone badania *in vitro* z wykorzystaniem testu FRAP (ang. ferric ion reducing antioxidant parameterpower) wykazały, że związki obecne w zielonej herbacie są zdolne do redukcji jonów żelaza. Co więcej, właściwości te są silniejsze niż w przypadku herbaty czarnej oraz oolong [Benzie i Szeto, 1999]. Doświadczenie wykonane przez Lee i wsp. udowodniło zdolność zielonej herbaty do zmiatania rodników DPPH i ABTS oraz redukcji jonów żelaza [Lee i in., 2014]. Jednocześnie zaobserwowano, że potencjał przeciwutleniający zależny był od okresu zbioru liści herbaty. Z kolei Kopjar i wsp. przy użyciu testów ABTS i DPPH udowodnili, że liście zielonej herbaty cechują się silniejszymi właściwościami przeciwutleniającymi niż liście herbaty żółtej i czarnej [Kopjar i in., 2015]. W badaniu przeprowadzonym przez Toolsee i wsp. dodatkowo stwierdzono,

że zielona herbata wykazuje zdolność eliminowania rodników tlenu azotu, rodników ponadtlenkowych, zmiatania kwasu podchlorawego (HOCl) oraz chelatowania jonów żelaza [Toolsee i in., 2013]. Działanie przeciwutleniające zielonej herbaty zostało potwierdzone w badaniach wykonanych na szczurach z wątrobą uszkodzoną działaniem azatiopryny (cytotoksyczny lek wykazujący działanie hepatotoksyczne). Podanie leku spowodowało wzrost stężenia dialdehydu malonowego (MDA, ang. malondialdehyde) w wątrobie, który jest biomarkerem stresu oksydacyjnego. Odnotowano również obniżenie całkowitej aktywności przeciwutleniającej (TAA, ang. total antioxidant activity). Dodatkowo nastąpił spadek aktywności enzymów przeciwutleniających: peroksydazy glutationowej (GPX, ang. glutathione peroxidase), katalazy (CAT, ang. catalase) i glutationu (GSH, ang. glutathione). W doświadczeniu tym zaobserwowano, że podanie zwierzętom mieszaniny polifenoli z zielonej herbaty w dawce 100 i 300 mg/kg masy ciała przez 21 dni przyczyniło się do statystycznie istotnego obniżenia MDA oraz wzrostu TAA i aktywności CAT, GPX i GSH [El-Beshbishy i in., 2011]. Podobne wyniki uzyskali Shereen i Zaghloul, którzy dorosłym szczurom podawali ekstrakt z zielonej herbaty w ilości 300 mg/kg masy ciała przez 14 dni. Odnotowali oni, że podaż ta przyczyniła się do obniżenia stężenia MDA w wątrobie i nerkach badanych osobników, przy jednoczesnym wzroście aktywności glutationu w tych narządach [Shereen i in., 2013]. Z kolei Haidari i wsp. potwierdzili właściwości przeciwutleniające zielonej herbaty wykorzystując zwierzęcy model cukrzycy. Suplementacja ekstraktem z zielonej herbaty w dawkach 100 i 200 mg/kg masy ciała wywołała obniżenie stężenia MDA zarówno w osoczu krwi (o 8,41 i 14,6%), jak i w wątrobie (16 i 31,7%) w porównaniu do osobników nieotrzymujących dodatku. Co więcej, podaż ekstraktu herbaty spowodowała wzrost całkowitej pojemności przeciwutleniającej osocza (5,9 i 32,4%) i wątroby (o 34 i 61,7%) [Haidari i in., 2013]. Efekt przeciwutleniający został również odnotowany w przypadku myszy, u których wywołano stres oksydacyjny tetrachlorkiem węgla (CCl₄). Zauważono, że podaż ekstraktu z zielonej herbaty w dawkach 125, 625, 1250 mg/kg masy ciała przyczyniła się do obniżenia poziomu utlenienia lipidów w wątrobie, mierzonego ilością TBARS (ang. thiobarbituric acid reactive substances). Ponadto u zwierząt przyjmujących ekstrakt nastąpiło obniżenie stężenia grup karbonylowych, których wysoki poziom świadczy o natężeniu reakcji z udziałem reaktywnych form tlenu. Podobnie jak w poprzednich badaniach, spożycie polifenoli wywołało wzrost aktywności enzymów przeciwutleniających obecnych w wątrobie: dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy i peroksydazy glutationowe, przy czym wielkość tego efektu zależna była od dawki ekstraktu [Tsai i in., 2013]. Badania przeprowadzone na ludzkich komórkach błony śluzowej i komórkach nowotworowych jelita grubego wykazały, że katechiny zielonej herbaty: EGCG, EGC, ECG hamują aktywność cyklooksygenazy-2 i lipooksygenazy, które wykazują działanie proutleniające [Hong i in., 2001]. Właściwości przeciwutleniające zielonej herbaty zostały również potwierdzone w badaniach z udziałem ludzi. Jak dowiedli Hakim i wsp., spożycie 4 filiżanek herbaty dziennie przez okres 4 miesięcy spowodowało statystycznie istotne zmniejszenie (o 31%) stężenia w moczu 8-hydroksy-2'-deoksyguanozyny (8-OHdG) – biomarkera oksydacyjnego uszkodzenia DNA [Hakim i in., 2003]. Z kolei w doświadczeniu wykonanym przez Suliburska i wsp. stwierdzono, że efektem dziennej podaży ekstraktu z zielonej herbaty w dawce 379 mg przez 3 miesiące był znaczący wzrost całkowitego statusu antyoksydacyjnego osocza palaczy

(TAS, ang. total antioxidant status) mierzonego na podstawie inkubacji kwasu 2,2'-azobis-(3-etylobenzotiazolo-6-sulfonowego) (ABTS) z metmioglobina i nadtlenkiem wodoru [Suliburska i in., 2012].

Działanie kardioprotekcyjne

W ostatnich latach, wśród naukowców wzrosło zainteresowanie polifenolami zielonej herbaty w kontekście ich korzystnego wpływu na układ sercowo-naczyniowy. Badania epidemiologiczne, kliniczne i eksperymentalne wykazały pozytywny związek pomiędzy spożyciem zielonej herbaty, a częstotliwością występowania chorób sercowo-naczyniowych. Katechiny obecne w zielonej herbacie wpływają wielotorowo na układ krążenia. Redukują one stres oksydacyjny poprzez zmiatanie wolnych rodników, inhibicję enzymów prooksydacyjnych oraz stymulację enzymów przeciwutleniających. Hamują działanie kluczowych enzymów uczestniczących w biosyntezie lipidów oraz zmniejszają absorpcję jelitową tłuszczów, poprawiając w ten sposób profil lipidowy krwi. Regulują napięcie ścian naczyń krwionośnych poprzez aktywację endotelialnej syntazy tlenu azotu. Zapobiegają również powstawaniu stanów zapalnych w naczyniach krwionośnych, które odgrywają istotną rolę w rozwoju zmian miażdżycowych. Sugeruje się, że przeciwzapalne właściwości katechin mogą wynikać z ich hamującego wpływu na adhezję leukocytów do śródbłonna. Co więcej, polifenole działają inhibitująco na proliferację mięśni gładkich naczyń krwionośnych przez zaburzenie funkcjonowania czynnika wzrostu śródbłonna naczyniowego (VEGF, ang. vascular endothelial growth factor), który może uruchamiać procesy miażdżycowe. Dodatkowo dowiedziono, że katechiny tłumią adhezję płytek krwi, zapobiegając tym samym powstawaniu zakrzepów [Velayutham i in., 2008]. Badania przeprowadzone przez Amanolahi i Rakhshandę wykazały, że szczury którym podawano dietę wysokotłuszczową oraz etanolowy ekstrakt z zielonej herbaty w dziennej dawce 100 mg/kg masy ciała przez okres 56 dni cechowały się istotnym statystycznie niższym stężeniem cholesterolu całkowitego we krwi, cholesterolu frakcji LDL oraz trójglicerydów, w porównaniu do zwierząt pozbawionych dodatku ekstraktu [Amanolahi i Rakhshande, 2013]. Z kolei w doświadczeniu wykonanym przez Widowati i wsp., stwierdzono, że podawanie szczurom z wywołaną dyslipidemią ekstraktu z zielonej herbaty oraz galusanu epigalokatechiny (EGCG) spowodowało poprawę profilu lipidowego krwi poprzez obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego, cholesterolu LDL i trójglicerydów oraz zwiększenie poziomu cholesterolu HDL [Widowati i in., 2014]. Efekt hipolipemiczny zielonej herbaty został również potwierdzony w przygotowanej metaanalizie, obejmującej 14 randomizowanych badań kontrolowanych (RCT, ang. randomized controlled trial), w których uczestniczyło łącznie 1136 osób [Zheng i in., 2011]. Wykazano, że spożycie zielonej herbaty było związane ze statystycznie istotnym obniżeniem stężenia cholesterolu całkowitego (o 7,20 mg/dl) oraz stężenia cholesterolu LDL (o 2,19 mg/dl). Kuriyama i wsp. w badaniach przeprowadzonych z udziałem 40530 Japończyków udowodnili, że codzienne spożywanie pięciu lub więcej filiżanek zielonej herbaty przyczyniło się do 26% zmniejszenia śmiertelności z powodu chorób sercowo-naczyniowych w porównaniu do osób spożywających średnio mniej niż jedną filiżankę w ciągu dnia [Kuriyama i in., 2006]. Sasazuki i wsp. odnotowali, że spożywanie czterech lub więcej filiżanek zielonej herbaty dziennie może być odwrotnie związane z rozwojem miażdżycy tętnic wieńcowych

u mężczyzn [Sasazuki i in., 2000]. Z kolei przeprowadzona metaanaliza obejmująca 9 badań wykazała, że picie więcej niż 3 szklanki zielonej herbaty dziennie znacznie zmniejsza ryzyko wystąpienia udaru mózgu [Arab i in., 2009]. Doświadczenie wykonane z udziałem 20 zdrowych palaczy udowodniło, że spożycie 400 ml zielonej herbaty powoduje odwrócenie dysfunkcji śródbłonna mierzonej oceną całkowitego przepływu krwi przez przedramię (FBF, ang. forearm blood flow) [Nagaya i in., 2004]. Istnieje również wiele badań potwierdzających działanie hipotensyjne zielonej herbaty. W przeprowadzonym eksperymencie na szczurach z wywołanym nadciśnieniem tętniczym, zauważono, że dzienna podaż zielonej herbaty w ilości 0,2 i 1,0 g/kg masy ciała przez 4 tygodnie spowodowała zahamowanie wzrostu ciśnienia skurczowego krwi [Liang i in., 2011]. Mozaffari-Khosravi i wsp. wykazali, że codzienne spożywanie 3 filiżanek zielonej herbaty przyczyniło się do obniżenia skurczowego (z 119 do 114,8 mmHg) oraz rozkurczowego ciśnienia krwi (z 78,9 do 75,3 mmHg) u pacjentów cukrzycowych z łagodnym nadciśnieniem tętniczym [Mozaffari-Khosravi i in., 2013]. Działanie hipotensyjne zostało również potwierdzone w badaniu przeprowadzonym przez Bogdanską i wsp. [Bogdanska i in., 2012]. Autorzy doświadczenia dowiedli, że otyli pacjenci z nadciśnieniem tętniczym, którzy otrzymywali codziennie 1 kapsułkę zawierającą 379 mg ekstraktu z zielonej herbaty przez 3 miesiące charakteryzowali się niższym ciśnieniem skurczowym i rozkurczowym krwi, w porównaniu do grupy placebo [Bogdanska i in., 2012]. Przeprowadzone dwie metaanalizy obejmujące po 13 randomizowanych badań kontrolowanych wykazały, że spożywanie zielonej herbaty zmniejsza skurczowe (o 2,08 i 1,98 mmHg) oraz rozkurczowe ciśnienie krwi (o 1,71 i 1,92 mmHg) [Khalesi i in., 2014; Peng i in., 2014]. Doniesienia literaturowe wskazują, że katechiny obecne w zielonej herbacie hamują agregację płytek krwi zarówno u zwierząt [Jin i in., 2008], jak i u ludzi [Kang i in., 1999], bez zmiany parametrów krzepnięcia, takich jak czas protrombinowy [Kang i in., 1999]. Fakt ten sugeruje, że efekt przeciwwązrzepowy katechin wynika z ich aktywności przeciwpłytkowej, a nie działania antykoagulacyjnego. Jak wykazano, galusan epigalokatechiny hamuje aktywację fosfolipazy C [Jin i in., 2008]. Co więcej, zarówno galusan epigalokatechiny jak i galusan epikatechiny mogą zmniejszać produkcję czynnika aktywującego płytki (PAF, ang. platelet-activating factor) [Sugatani i in., 2004]. Dodatkowo, katechiny są zdolne do inhibicji uwalniania kwasu arachidonowego oraz hamowania aktywności syntazy tromboksanu A₂ [Son i in., 2004]. W licznych badaniach udokumentowano, że polifenole zielonej herbaty znacznie poprawiają funkcję śródbłonna naczyń krwionośnych. Uważa się, że związki te stymulują wydzielanie tlenu azotu, a także hamują aktywność fosfodiesterazy. Tang i wsp. stwierdzili, że działanie ochronne EGCG na śródbłonek jest związane z obniżeniem stężenia asymetrycznej dimetyloargininy (ADMA, ang. asymmetric dimethylarginine) będącej inhibitorem syntazy tlenu azotu. Uważa się, że efekt ten wynika ze zwiększenia aktywności dimetyloaminohydrolazy dimetyloargininy (DDAH, ang. dimethylarginine dimethylaminohydrolase) [Tang i in., 2006].

Właściwości przeciwcukrzycowe

Wiele badań zostało przeprowadzonych w celu określenia wpływu zielonej herbaty na gospodarkę węglowodanową. Badania *in vitro* jak również doświadczenia wykonane na zwierzętach oraz z udziałem ludzi wskazują, że surowiec ten może być efektywny

w obniżaniu poziomu glukozy we krwi, jak również może mieć wpływ na insulinowrażliwość. Jednakże dostępne wyniki badań nie są jednoznaczne. Bose i wsp. dowiedli, że myszy karmione dietą wysokotłuszczową uzupełnioną o dodatek 3,2g/kg EGCG cechowały się niższym stężeniem glukozy we krwi o 25%, niższym o 61% poziomem insuliny w osoczu oraz obniżonymi wartościami wskaźnika insulinooporności HOMA-IR (ang. homeostasis model assessment of insulin resistance score), w porównaniu do osobników pozbawionych tego związku [Bose i in., 2008]. Waltner-Law i wsp. wykazali, że galusan epigalokatechiny obniża produkcję glukozy w wątrobie poprzez obniżenie aktywności enzymów: karboksykinazy fosfoenolopirogronianu (PEPCK, ang. phosphoenolpyruvate carboxykinase) oraz glukozo-6-fosfatazy [Waltner-Law i in., 2002]. Jak stwierdził Han, EGCG może wywierać ochronne działanie na komórki beta trzustki, m.in. poprzez zmniejszenie ekspresji jądrowego czynnika transkrypcyjnego NF kappa B [Han, 2003]. Z kolei długotrwała, 12-tygodniowa suplementacja sproszkowaną zieloną herbatą wykazała wzrost insulinowrażliwości u badanych szczurów [Wu i in., 2004]. Wyniki obszernych badań epidemiologicznych wykonanych przez Iso i wsp. sugerują, że osoby, które spożywają więcej niż 6 filiżanek zielonej herbaty dziennie cechują się zmniejszonym ryzykiem wystąpienia cukrzycy [Iso i in., 2006]. W badaniach przeprowadzonych z udziałem zdrowych ochotników stwierdzono, że trwająca 12 tygodni suplementacja ekstraktem z zielonej herbaty, dostarczającym 300 mg EGCG spowodowała redukcję poziomu glukozy i insuliny we krwi. Jednakże wpływ EGCG nie jest jasny, gdyż jednocześnie zaobserwowano u badanych osób spadek masy ciała, który to mógł być przyczyną wspomnianego obniżenia stężenia glukozy i insuliny [Hase i in., 2001]. Metaanaliza 17 randomizowanych badań kontrolowanych wskazała, że spożywanie zielonej herbaty wiąże się ze statystycznie istotną redukcją stężenia glukozy na czczo oraz poziomu hemoglobiny glikowanej HbA1c [Liu i in., 2013]. Z drugiej strony, badanie randomizowane z podwójną ślepą próbą, kontrolowane placebo wykazało, że suplementacja ekstraktem z zielonej herbaty w dawce 375 i 750 mg przez okres 3 miesięcy nie spowodowała statystycznie istotnych różnic w poziomie hemoglobiny glikowanej u badanych pacjentów, w porównaniu do grupy placebo [Mackenzie i in., 2007]. W podobnym badaniu, w którym pacjentom otyłym z współistniejącą cukrzycą typu 2 podawano ekstrakt z zielonej herbaty w ilości 1500 mg przez 16 tygodni nie zaobserwowano różnic w poziomie glukozy na czczo oraz stężeniu hemoglobiny glikowanej [Hsu i in., 2011].

Właściwości przeciwnowotworowe

Wiele badań *in vitro* przeprowadzonych na różnych liniach komórkowych raka wskazuje, że ekstrakt z zielonej herbaty hamuje ich wzrost oraz indukuje apoptozę [Clement, 2009]. Literatura podaje, że zarówno zielona herbata, jak i EGCG wykazują zdolność do inhibicji angiogenezy oraz hamowania przerzutów nowotworów [Namita i in., 2012]. Wydaje się, że zielona herbata hamuje kancerogenezę na wszystkich jej etapach: inicjacji, promocji i progresji [Chung i in., 2003]. Wyniki badań kohortowych, obejmujących 18244 mężczyzn wykazały, że katechiny zawarte w zielonej herbacie pomagają zapobiegać rozwojowi raka żołądka i przełyku [Sun i in., 2002]. Badanie wykonane przez Sasazuki i wsp. na grupie 72943 osób wykazało, że spożywanie zielonej herbaty w ilości ponad 5 filiżanek dziennie obniża ryzyko rozwoju raka żołądka wśród kobiet, jednakże takiej

zależności nie odnotowano u mężczyzn [Sasazuki i in., 2004]. Z drugiej strony, wyniki dwóch prospektywnych badań kohortowych dostarczyły dowodów wskazujących na brak wpływu zwyczajowego spożycia zielonej herbaty na występowanie raka jelita grubego [Suzuki i in., 2005]. Metaanaliza przeprowadzona przez Zeng i wsp. udowodniła brak związku pomiędzy spożyciem zielonej herbaty, a występowaniem raka trzustki [Zeng i in., 2014]. Z kolei metaanaliza obejmująca trzy badania kohortowe i jedno badanie kliniczno-kontrolne wykazała, że wysokie spożycie zielonej herbaty wiąże się z ok. 20% redukcją ryzyka wystąpienia raka piersi [Sun i in., 2006].

Podsumowanie

Zielona herbata jest bogata w wiele składników bioaktywnych. Wśród nich wymienia się głównie katechiny z grupy polifenoli: galusan epigalokatechiny, galusan epikatechiny, epigalokatechinę oraz epikatechinę. Charakterystyczny smak i aromat herbaty zdeterminowany jest obecnością wspomnianych polifenoli, a także terpenoidów, kofeiny i aminokwasów, głównie seryny i teaniny. W ostatnich latach obserwuje się duże zainteresowanie tym surowcem w kontekście jego właściwości prozdrowotnych. Wyniki dotychczasowych badań *in vitro* i *in vivo* wskazują, że zielona herbata cechuje się wysokim potencjałem przeciwutleniającym, charakteryzującym się zdolnością do zmiatania reaktywnych form tlenu i zapobieganiu utlenianiu lipidów. Jak podaje literatura, zielona herbata korzystnie działa na układ sercowo-naczyniowy zapobiegając rozwojowi miażdżycy, hipercholesterolemii i nadciśnienia tętniczego krwi. Uważa się, że herbata cechuje się właściwościami przeciwcukrzycowymi i przeciwnowotworowymi. Jednakże ze względu na pojawienie się wyników badań, które zaprzeczają tej tezie, konieczne jest przeprowadzenie kolejnych doświadczeń. Należy również zwrócić uwagę, że nie wszystkie wyniki uzyskane w doświadczeniach *in vitro* oraz z wykorzystaniem modelu zwierzęcego znajdują swoje odzwierciedlenie w badaniach klinicznych.

Tabela 1. Skład chemiczny liści zielonej herbaty [Sinija i Mishra, 2008]

Nazwa związku	Zawartość (% masy suszonych liści)
Polifenole	37
Węglowodany	25
Białko	15
Ligniny	6,5
Składniki mineralne	5
Aminokwasy	4
Kofeina	3,5
Lipidy	2
Kwasy organiczne	1,5
Chlorofil	0,5

Tabela 2. Skład flawonoidów naparu z zielonej herbaty [Rains i in., 2011]

Nazwa związku	Zawartość (mg/100ml)
3-galusan epigalokatechiny	77,8
3-galusan epikatechiny	19,7
Epigalokatechina	16,7
Epikatechina	8,3
Kwercetyna	2,7
Katechina	1,6
Galokatechina	1,5
Tearubigina	1,1
Teaflawina	0,1
Flawonoidy ogółem	130,5

Literatura

Amanolahi F., Rakhshande H., Effects of ethanolic extracts of green tea on decreasing the level of lipid profile in rat. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 2013, 3 (1), 98-105.

Arab L., Liu W., Elashoff D., Green and black tea consumption and risk of stroke. A meta-analysis. *Stroke*, 2009, 40 (5), 1786–1792.

Benzie I.F.F., Szeto Y.T., Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47, 633–636.

Bogdanski P., Suliburska J., Szulinska M., Stepień M., Pupek-Musialik D., Jablecka A., Green tea extract reduces blood pressure, inflammatory biomarkers, and oxidative stress and improves parameters associated with insulin resistance in obese, hypertensive patients. *Nutrition Research*, 2012, 32, 421-427.

Bose M., Lambert J.D., Ju J., Reuhl K.R., Shapses S.A., Yang C.S., The major green tea polyphenol, (-)-epigallocatechin-3-gallate, inhibits obesity, metabolic syndrome, and fatty liver disease in high-fat-fed mice. *Journal of Nutrition*, 2008, 138, 1677–1683.

Całka J., Zasadowski A., Juranek J., Niektóre aspekty leczniczego działania zielonej herbaty. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2008, XLI (1), 5-14.

Chacko S.M., Thambi P.T., Kuttan R., Nishigaki I., Beneficial effects of green tea: a literature review. *Chinese Medicine*, 2010, 5, 13.

Chung F.L., Schwartz J., Herzog C.R., Yang Y.M., Tea and cancer prevention: studies in animals and humans. *The Journal of Nutrition*, 2003, 133 (10), 3268-3274.

Clement Y., Can green tea do that? A literature review of the clinical evidence. *Preventive Medicine*, 2009, 49, 83-87.

El-Beshbishy H.A., Tork O.M., El-Bab M.F., Autifi M.A., Antioxidant and antiapoptotic effects of green tea polyphenols against azathioprine-induced liver injury in rats. *Pathophysiology*, 2011, 18, 125-135.

Forester S., Lambert J., Antioxidant effects of green tea. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2011, 55 (6), 844-854.

Gaur S., Agnihotri R., Green tea: A novel functional food for the oral health of older adults. *Geriatrics & Gerontology International*, 2014, 14, 238-250.

Gramza A., Korczak J., Amarowicz R., Tea polyphenols – their antioxidant properties and biological activity – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2005, 14 (55), 219-235.

Haidari F., Omidian K., Rafiei H., Zarei M., Shahi M.M., Green tea (*Camellia sinensis*) supplementation to diabetic rats improves serum and hepatic oxidative stress markers. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2013, 12 (1), 109-114.

Hakim I.A., Harris R.B., Brown S., Chow H.H., Wiseman S., Agarwal S., Talbot W., Effects of increased tea consumption on oxidative DNA damage among smokers: a randomized controlled study. *The Journal of Nutrition*, 2003, 133 (10), 3303-3309.

Han M.K., Epigallocatechin gallate, a constituent of green tea, suppresses cytokine –induced pancreatic β -cell damage. *Experimental & Molecular Medicine*, 2003, 35 (2), 136-139.

Hase, T., Komine Y., Meguro S., Takeda Y., Takahashi H., Matsui Y., Inaoka S., Katsuragi Y., Tokimitsu I., Shimasaki H., Itakura H., Anti-obesity effects of tea catechins in humans. *Journal of Olei Science*, 2001, 50, 599–605.

Hong J., Smith T.J., Ho C.T., August D.A., Yang C.S., Effects of purified green and black tea polyphenols on cyclooxygenase- and lipoxygenase-dependent metabolism of arachidonic acid in human colon mucosa and colon tumor tissues. *Biochemical Pharmacology*, 2001, 62, 1175-1183.

Hsu C.H., Liao Y.L., Lin S.C., Tsai T.H., Huang C.J., Chou P., Does supplementation with green tea extract improve insulin resistance in obese type 2 diabetics? A randomized, double-blind, and placebo-controlled clinical trial. *Alternative Medicine Review*, 2011, 16 (2), 157-163.

Iso H., Date C., Wakai K., Fukui M., Tamakoshi A., The relationship between green tea and total caffeine intake and risk for self-reported type-2 diabetes among Japanese adults. *Annals of Internal Medicine*, 2006, 144, 554–562.

Jin Y.R., Im J.H., Park E.S., Cho M.R., Han X.H., Lee J.J., Lim Y., Kim T.J., Yun Y.P., Antiplatelet activity of epigallocatechin gallate is mediated by the inhibition of PLC gamma2 phosphorylation, elevation of PGD2 production, and maintaining calcium-ATPase activity. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 2008, 51 (1), 45-54.

Kang W.S., Lim I.H., Yuk D.Y., Chung K.H., Park J.B., Yoo H.S., Yun Y.P., Antithrombotic activities of green tea catechins and (-)-epigallocatechin gallate. *Thrombosis Research*, 1999, 96 (3), 229-237.

- Khalesi S., Sun J., Buys N., Jamshidi A., Nikbakht-Nasrabadi E., Khosravi-Boroujeni H., Green tea catechins and blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *European Journal of Nutrition*, 2014, 53 (6), 1299-1311.
- Kopjar M., Tadic M., Pilizota V., Phenol content and antioxidant activity of green, yellow and black tea leaves. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2015, 2,1.
- Kuriyama S., Shimazu T., Ohmori K., Kikuchi N., Nakaya N., Nishino Y., Tsubono Y., Tsuji I. Green tea consumption and mortality due to cardiovascular disease, cancer, and all causes in Japan: the Ohsaki study. *Journal of American Medical Association*, 2006, 296 (10), 1255-1265.
- Lee L-S., Kim S-H., Kim Y-B., Kim Y-C., Quantitative analysis of major constituents in green tea with different plucking periods and their antioxidant activity. *Molecules*, 2014, 19, 9173-9186.
- Liang Y-R., Ma S-C., Luo X-Y., Xu J-Y., Wu M-Y., Luo Y-W., Zheng X-Q., Lu J-L., Effects of green tea on blood pressure and hypertension-induced cardiovascular damage in spontaneously hypertensive rat. *Food Science and Biotechnology*, 2011, 20 (1), 93-98.
- Liu K., Zhou R., Wang B., Chen K., Shi L.Y., Zhu J.D., Mi M.T., Effect of green tea on glucose control and insulin sensitivity: a meta-analysis of 17 randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2013, 98 (2), 340-348.
- Mackenzie T., Leary L., Brooks W.B., The effect of an extract of green and black tea on glucose control in adults with type 2 diabetes mellitus: double-blind randomized study. *Metabolism*, 2007, 56 (10), 1340-1344.
- Mozaffari-Khosravi H., Ahadi Z., Barzegar K., The effect of green tea and sour tea on blood pressure of patients with type 2 diabetes: a randomized clinical trial. *Journal of Dietary Supplements*, 2013, 10 (2), 105-115.
- Nagaya N., Yamamoto H., Uematsu M., Itoh T., Nakagawa K., Miyazawa T., Kangawa K., Miyatake K., Green tea reverses endothelial dysfunction in healthy smokers. *Heart*, 2004, 90(12), 1485-1486.
- Namita P., Mukesh R., Vijay K., *Camellia Sinensis* (Green Tea): A review. *Global Journal of Pharmacology*, 2012, 6 (2), 52-59.
- Ogle N., Green tea *Camellia sinsensis*. *Australian Journal of Medical Herbalism*, 2009, 21 (2), 44-48.
- Peng X., Zhou R., Wang B., Xiaoping Y., Yang X., Liu K., Mi M., Effect of green tea consumption on blood pressure: A meta-analysis of 13 randomized controlled trials. *Scientific Reports*, 2014, 4, 6251.
- Rains T.M., Agarwal S., Maki K.C., Antiobesity effects of green tea catechins: a mechanistic review. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2011, 22, 1-7.

- Rani R., Nagpal D., Gullaiya S., Madans S., Agrawal S.S., Phytochemical, pharmacological and beneficial effects of green tea. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 2014, 6 (3), 420-426.
- Reto M., Almeida C., Rocha J., Sepodes B., Figueira M., Green tea (*Camellia sinensis*): hypocholesterolemic effects in humans and anti-inflammatory effects in animals. *Food and Nutrition Sciences*, 2014, 5, 2185-2194.
- Salim K.S., Hypoglycemic property of ginger and green tea and their possible mechanisms in diabetes mellitus. *The Open Conference Proceedings Journal*, 2014, 5, 13-19.
- Sasazuki S., Inoue M., Hanaoka T., Yamamoto S., Sobue T., Tsugane S., Green tea consumption and subsequent risk of gastric cancer by subsite: the JPHC Study. *Cancer Causes Control*, 2004, 15(5), 483-491.
- Sasazuki S., Kodama H., Yoshimasu K., Liu Y., Washio M., Tanaka K., Tokunaga S., Kono S., Arai H., Doi Y., Kawano T., Nakagaki O., Takada K., Koyanagi S., Hiyamuta K., Nii T., Shirai K., Ideishi M., Arakawa K., Mohri M., Takeshita A., Relation between green tea consumption and the severity of coronary atherosclerosis among Japanese men and women. *Annals of Epidemiology*, 2000, 10(6), 401-408.
- Senanayake N., Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications – a review. *Journal of Functional Foods*, 2013, 5 (4), 1529-1541.
- Shereen B., Zaghloul G., Zaghloul D.M., Benefical effects of green tea extract on liver and kidney functions, ultrastructure, lipid profile and hematological parameters in aged male rats. *Global Veterinaria*, 2013, 11(2), 191-205.
- Sinija V.R., Mishra H.N., Green tea: health benefits. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 2008, 17(4), 232-242.
- Son D.J., Cho M.R., Jin Y.R., Kim S.Y., Park Y.H., Lee S.H., Akiba S., Sato T., Yun Y.P., Antiplatelet effect of green tea catechins: a possible mechanism through arachidonic acid pathway. *Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids*, 2004, 71(1), 25-31.
- Sugatani J., Fukazawa N., Ujihara K., Yoshinari K., Abe I., Noguchi H., Miwa M., Tea polyphenols inhibit acetyl-CoA:1-alkyl-sn-glycero-3-phosphocholine acetyltransferase (a key enzyme in platelet-activating factor biosynthesis) and platelet-activating factor-induced platelet aggregation. *International Archives of Allergy and Applied Immunology*, 2004, 134 (1), 17-28.
- Suliburska J., Bogdanski P., Szulinska M., Stepień M., Pupek-Musialik D., Jablecka A., Effects of green tea supplementation on elements, total antioxidants, lipids, and glucose values in the serum of obese patients. *Biological Trace Element Research*, 2012, 149, 315-322.
- Sun C.L., Yuan J.M., Koh W.P., Yu M.C., Green tea, black tea and breast cancer risk: a meta-analysis of epidemiological studies. *Carcinogenesis*, 2006, 27 (7), 1310-1315.

Sun C.L., Yuan J.M., Lee M.J., Yang C.S., Gao Y.T., Ross R.K., Yu M.C., Urinary tea polyphenols in relation to gastric and esophageal cancers: a prospective study of men in Shanghai, China. *Carcinogenesis*, 2002, 23 (9), 1497-1503.

Suzuki Y., Tsubono Y., Nakaya N., Koizumi Y., Suzuki Y., Shibuya D., Tsuji I., Green tea and the risk of colorectal cancer: pooled analysis of two prospective studies in Japan. *Journal of Epidemiology*, 2005, 15 (4), 118-124.

Tang W.J., Hu C.P., Chen M.F., Deng P.Y., Li Y.J., Epigallocatechin gallate preserves endothelial function by reducing the endogenous nitric oxide synthase inhibitor level. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2006, 84, 163–171.

Toolsee N.A., Aruoma O.I., Gunness T.K., Kowlessur S., Dambala V., Murad F., Googoolye K., Daus D., Indelicato J., Rondeau P., Bourdon E., Bahorun T., Effectiveness of green tea in a randomized human cohort: relevance to diabetes and its complications. *BioMed Research International*, 2013, 1-12.

Tsai C-F., Hsu Y-W., Ting H-C., Huang C-F., Yen C-C., The in vivo antioxidant and antifibrotic properties of green tea (*Camellia sinensis*, Theaceae). *Food Chemistry*, 2013, 136, 1337-1344.

Velayutham P., Babu A., Liu D., Green tea catechins and cardiovascular health: an update. *Current Medicinal Chemistry*, 2008, 15 (18), 1840-1850.

Waltner-Law M.E., Wang X.L., Law B.K., Hall R.K., Nawano M., Granner D.K., Epigallocatechin gallate, a constituent of green tea, represses hepatic glucose production. *The Journal of Biological Chemistry*, 2002, 277 (38), 34933-34940.

Widowati W., Ratnawati H., Wahyudianingsih R., Yelliantty Y., Maesaroh M., Pujimulyani D., Mozef T., Effect of green tea extract and epigallocatechin-3-gallate potency on lipid profile and coronary artery morphology of dyslipidemic rats. *Oxidants and Antioxidants in Medical Science*, 2014, 3 (2), 147-152.

Wu L.Y., Juan C.C., Ho L.T., Hsu Y.P., Hwang L.S., Effect of green tea supplementation on insulin sensitivity in Sprague-Dawley rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52 (3), 643-648.

Zeng J.L., Li Z.H., Wang Z.C., Zhang H.L., Green tea consumption and risk of pancreatic cancer: a meta-analysis. *Nutrients*, 2014, 6 (11), 4640-4650.

Zheng X-X., Xu Y-L., Li S-H., Liu X-X., Hui R., Huang X-H., Green tea intake lowers fasting serum total and LDL cholesterol in adults: a meta-analysis of 14 randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2011, 94, 601-610.

KAROLINA MŁYNARCZYK, DOROTA WALKOWIAK-TOMCZAK
KATARZYNA SIWIŃSKA, MARCIN KIDOŃ,
ELŻBIETA RADZIEJEWSKA-KUBZDELA, RÓŻA BIEGAŃSKA-MARECIK
Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
mlynk@up.poznan.pl

PORÓWNANIE WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI SOKÓW I DŻEMÓW Z OWOCÓW BZU CZARNEGO

Streszczenie

Celem pracy było porównanie przetworów z owoców bzu czarnego pod względem wybranych właściwości. Badaniom poddano soki oraz dżemy, w tym niskosłodzony i wysokosłodzony, a także owoce bzu czarnego, z których przygotowano produkty własne. W badanym materiale oznaczono metodami spektrofotometrycznymi aktywność przeciwutleniającą, zawartość polifenoli ogółem, zawartość antocyjanów, a także zmierzono barwę w układzie CIE $L^*a^*b^*$, w świetle odbitym. Aktywność przeciwutleniająca soków handlowych kształtowała się w granicach 27–53 $\mu\text{mol Troloxu/l g soku}$, dla soku własnej produkcji wynosiła 52 $\mu\text{mol/g}$, natomiast dżemy wykazywały 51–59 $\mu\text{mol/g}$. Zawartość polifenoli w sokach handlowych wahała się od 469 do 1047 mg kwasu chlorogenowego/100 g soku, zaś w produkcie własnym wynosiła 916 mg/100 g. W dżemach stwierdzono 796–967 mg/100 g produktu. Zawartość antocyjanów w sokach handlowych kształtowała się na poziomie 21–234 mg cyjanidyno-3-glukozydu, w soku własnym odnotowano 238 mg/100g, natomiast w dżemach 265–326 mg/100g. Najwyższą zawartością badanych związków bioaktywnych charakteryzował się surowiec. Barwa soków była zróżnicowana, o czym świadczy m.in. duży zakres wartości parametru h^* . Dżemy cechowały się parametrami barwy zbliżonymi do surowca. Wszystkie produkty cechowały się niskimi wartościami L^* , X , Y i Z , czyli bardzo ciemną barwą. Zaobserwowano, że soki handlowe wykazywały duże zróżnicowanie pod względem badanych parametrów, natomiast produkty własne, takie jak dżemy i sok, były porównywalne z najlepiej ocenionym sokiem handlowym.

Słowa kluczowe: aktywność przeciwutleniająca, antocyjany, barwa, bez czarny, polifenole, przetwory

Wprowadzenie

Bez czarny (*Sambucus nigra* L.), znany również jako dziki bez, bez pospolity, bez apteczny, hyćka czy holunder [Antkowiak, 1998], jest krzewem lub niewielkim drzewem należącym do rodziny piżmączkowatych (*Adoxaceae*) [Senderski, 2009]. Roślina ta kojarzona jest przede wszystkim z medycyną ludową, w której zastosowanie miały prawie wszystkie części anatomiczne bzu czarnego, takie jak kwiaty, owoce, liście, korzeń i kora [Thompson, 2003; Radziejewicz, 2013]. Dzisiaj wykorzystuje się głównie owoce i kwiaty,

które są cennym surowcem zielarskim, farmaceutycznym, spożywczym oraz kosmetycznym [Wierzbicki, 2002]. Właściwości prozdrowotne bzu czarnego związane są przede wszystkim z wysoką zawartością polifenoli, czyli naturalnych przeciwutleniaczy, eliminujących wolne rodniki i zapobiegających tzw. stresowi oksydacyjnemu, będącego czynnikiem wywołującym wiele chorób [Gollucke i in., 2013]. Do polifenoli znajdujących się w surowcach czarnego bzu należą antocyjany (m.in. cyjanidyno-3-glukozyd, cyjanidyno-3-sambubiozyd), flawonole (m.in. kwercetyna, kempferol), kwasy fenolowe (np. kwas chlorogenowy) oraz proantocyjanidyny. Antocyjany, które nadają owocom bzu czarnego czarnofioletową barwę, są wykorzystywane do produkcji naturalnych barwników w przemyśle spożywczym [Wu i in., 2004; Lee i Finn, 2007; Duymuş i in., 2014].

Barwa jest jednym z podstawowych wyróżników jakościowych w ocenie żywności, zwłaszcza owoców, warzyw i ich przetworów. Barwa produktów z bzu czarnego kształtowana jest przede wszystkim przez obecność antocyjanów oraz stopień ich stabilności podczas procesu przetwarzania i przechowywania. Intensywność i ton barwy takich przetworów uzależniony jest od stężenia antocyjanów, rodzaju ich aglikonów i podstawników. W przypadku przetworów z bzu czarnego, widoczna dla konsumenta zmiana tonu barwy w kierunku czerwonej lub brązowo-czerwonej, może być kojarzona z pogorszonym smakiem, zapachem lub zbyt długim ogrzewaniem czy przechowywaniem. Zmiana barwy może być m.in. skutkiem ogrzewania (podczas gotowania dżemu) lub utleniania antocyjanów i innych polifenoli (podczas tłoczenia soku), w zależności od metody obróbki wstępnej miazgi przed tłoczeniem. Stąd różne produkty handlowe wykazują zazwyczaj znaczne zróżnicowanie barwy [Giusti i Wrolstad, 2003].

Celem niniejszej pracy było porównanie przetworów z owoców bzu czarnego, takich jak soki oraz dżemy, biorąc pod uwagę ich aktywność przeciwutleniającą, ogólną zawartość polifenoli, zawartość antocyjanów, a także parametry barwy.

Material i metody

Material badany

Przedmiot badań stanowiły wybrane produkty handlowe z owoców bzu czarnego, takie jak soki, a także przetwory własnej produkcji przygotowane dla celów tej pracy, takie jak sok oraz dżemy, w tym niskosłodzony i wysokosłodzony. Soki handlowe pochodziły od różnych producentów i zostały zakupione w handlu detalicznym, na rynku polskim. Ponadto badaniom poddano również surowiec, czyli owoce bzu czarnego, z których przygotowano produkty własne. Łącznie do badań przeznaczono osiem produktów, w tym pięć soków handlowych, jeden sok i dwa dżemy własnej produkcji, jak również surowiec. Zestawienie badanego materiału wraz ze skrótami używanymi w dalszej części pracy znajduje się w Tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie materiału badanego

Materiał badany	Handlowe / własnej produkcji	Skrót
	handlowe	S1,S2,S3,S4,S5
Soki	własnej produkcji	SW
Dżem niskosłodzony	własnej produkcji	DN
Dżem wysokosłodzony	własnej produkcji	DW
Surowiec	-	Owoce

Surowiec pozyskano z krzewu bzu czarnego odmiany Samyl, z plantacji znajdującej się w okolicach Poznania, w stadium pełnej dojrzałości, w sierpniu 2015 roku. Owoce oddzielono od szypułek, rozdrobniono za pomocą blendera i w takiej postaci przeznaczano do pomiaru barwy. W celu wykonania pozostałych oznaczeń, z owoców przygotowano ekstrakty metanolowe, odważając ok. 10 g zhomogenizowanego surowca i dodając 30 g metanolu o stężeniu 80 %. Ekstrakty przechowywano w temperaturze chłodniczej, a po upływie 24 godzin odwirowano. Przygotowane w ten sposób ekstrakty przechowywano w temperaturze zamrażalniczej i przeznaczano do analiz takich jak oznaczenie aktywności przeciwutleniającej, zawartości polifenoli ogółem oraz zawartości antocyjanów.

Soki handlowe, po otwarciu opakowania, zamrożono, a przed wykonaniem analiz rozmrażano i odwirowywano. Sok własnej produkcji otrzymano poprzez wytłoczenie z owoców bzu czarnego za pomocą prasy hydraulicznej, następnie sok spasteryzowano w temperaturze 85°C, zamrożono, a po rozmrożeniu i odwirowaniu przeznaczano do analiz spektrofotometrycznych i pomiaru barwy. Dżemy z bzu czarnego przygotowano z dodatkiem preparatu żelującego „Żelfix”, w wersji niskosłodzonej i wysokosłodzonej, w oparciu o przepis zamieszczony na opakowaniu. Po procesie gotowania, dżemy rozlano do słoików „twist-off”, metodą gorącego rozlewu, zamknięto opakowania i pozostawiono do ostygnięcia. Po otwarciu, dżemy zhomogenizowano w celu zmierzenia barwy oraz sporządzenia ekstraktów metanolowych w sposób analogiczny jak w przypadku owoców, które następnie wykorzystywano w pozostałych analizach spektrofotometrycznych.

Metody badawcze

Aktywność przeciwutleniającą badanych soków, owoców i dżemów oznaczono metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem kationorodnika ABTS (2,2'-azynobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonian)), rozcieńczonego buforem PBS o pH 7,4. Badane próby, które rozcieńczono tym samym buforem, wprowadzano do roztworu rodnika ABTS i po określonym czasie reakcji w temperaturze 30°C, dokonywano pomiaru absorbancji prób przy długości fali 734 nm, w spektrofotometrze Helios Alpha firmy Thermo Elektron Corporation. Otrzymane wyniki wyrażone zostały w $\mu\text{mol Troloxu} / 1 \text{ g soku}$, dżemu i surowca [Re i in., 1999].

Zawartość polifenoli ogółem oznaczono metodą spektrofotometryczną, z zastosowaniem odczynnika Folina – Ciocalteau. Reakcję przeprowadzono w środowisku węglanu sodu i po odpowiednim czasie mierzono absorbancję prób przy długości fali 765 nm, przy pomocy spektrofotometru Helios Epsilon firmy Thermo Fisher Scientific.

Wyniki pomiaru wyrażono w mg kwasu chlorogenowego / 100 g materiału badanego [Singleton i Rossi, 1965].

Zawartość antocyjanów została oznaczona spektrofotometrycznie, tzw. metodą różnicową wg Fuleki i Francis, z zastosowaniem modyfikacji wg Giusti i Wrolstad. W metodzie tej wykorzystuje się bufony o pH 1 i 4,5. Bufory dodawano do prób i po upływie określonego czasu reakcji, mierzono absorbancję prób przy długości fali 515 nm oraz 700 nm, za pomocą spektrofotometru Helios Epsilon firmy Thermo Fisher Scientific. Zawartość antocyjanów w analizowanych produktach i owocach przedstawiono w mg cyjanidyno-3-glukozygu / 100 g [Fuleki i Francis, 1968; Giusti i Wrolstad, 2001].

Barwę owoców i przetworów z bzu czarnego określano w systemie CIE $L^*a^*b^*$, w świetle odbitym, na czarnym tle, w systemie SCE, przy źródle światła D65, kącie obserwacji 10° , z użyciem spektrofotometru Konica Minolta CM-3600d, korzystając z oprogramowania Color Data Software Spectra Magic do obliczania parametrów barwy. Pomiar barwy w systemie SCE polega na oznaczaniu parametrów barwy przy wyłączonej składowej zwierciadlanej, co umożliwia wyeliminowanie wpływu odbłyску światła od kuwety. Pomiar barwy owoców i dżemów przeprowadzono po zhomogenizowaniu próby, w kuwecie o grubości warstwy optycznej 10 mm. Parametry barwy soków mierzono bezpośrednio w próbce, po odwirowaniu (wirówka MPW-210, przy prędkości 12 tys. obr./min, w czasie 10 min), w kuwecie o grubości warstwy optycznej 2 mm.

System CIE $L^*a^*b^*$, wprowadzony przez Międzynarodową Komisję Oświeceniową CIE w 1976 r., jest jedną z częściej stosowanych metod oceny barwy, ze względu na dobrą komunikatywność w przestrzennym układzie barw (Rys. 1). Głównymi parametrami układu CIE są składowe barwy X, Y, Z, wywodzące się z układu R, G, B (*red, green, blue*), które wyrażają ilości standardowych barw podstawowych: czerwonej, zielonej i niebieskiej. Z tych podstawowych wartości oblicza się pozostałe współrzędne układu CIE, nazywane parametrami barwy [Hutchings, 1996]:

$$L^* = 116 (Y/Y_N)^{1/3}$$

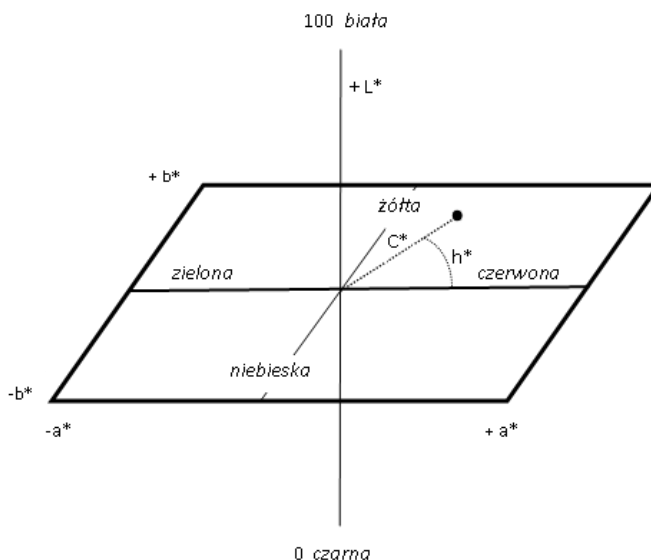
$$a^* = 500[(X/X_N)^{1/3} - (Y/Y_N)^{1/3}]$$

$$b^* = 200[(X/X_N)^{1/3} - (Z/Z_N)^{1/3}]$$

gdzie: X_N , Y_N , Z_N – wartości dla standardowego źródła światła. Na podstawie wartości parametrów a^* i b^* można obliczyć kolejne parametry C^* i h^* , które określone są jako współrzędne biegunowe na płaszczyźnie:

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$



Rysunek 1. Schemat układu barw CIE $L^*a^*b^*$

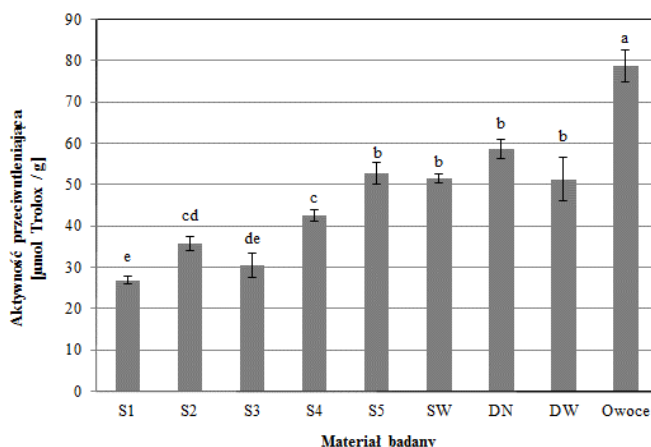
W systemie CIE $L^*a^*b^*$, parametr L^* wyraża jasność barwy i przyjmuje wartości od 0 dla absolutnej czerni do 100% dla absolutnej bieli. Parametry a^* i b^* wyrażają chromaticzność barwy. Parametr a^* przyjmuje wartości dodatnie dla barwy czerwonej, zaś wartości ujemne dla barwy zielonej. Parametr b^* przyjmuje wartości dodatnie dla barwy żółtej, zaś wartości ujemne dla barwy niebieskiej. Parametr C^* wyraża nasycenie barwy, a parametr h^* - kąt tonu barwy [Pastuszek, 2000].

Wyniki przeprowadzonych badań stanowią wartości średnie z trzech powtórzeń. Poddano je analizie statystycznej za pomocą programu komputerowego Statistica 12.5. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji oraz test Post-hoc HSD Tukeya, celem określenia istotności statystycznej różnic pomiędzy średnimi.

Wyniki i dyskusja

Aktywność przeciwutleniająca

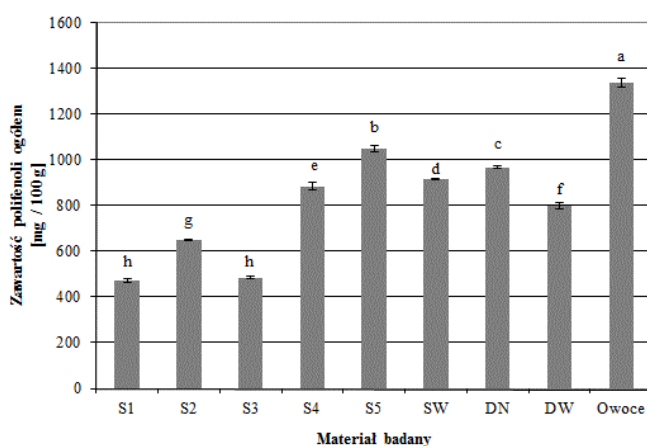
Wyniki pomiaru aktywności przeciwutleniającej przedstawiono na Rys. 2. Najwyższą aktywność przeciwutleniającą, na poziomie 79 μmol Troloxu / 1 g, wykazywały owoce bzu czarnego. Aktywność badanych soków handlowych była dość zróżnicowana. Najniższa wartość tego parametru wynosiła 26,8 $\mu\text{mol/g}$ dla soku nr 1 (S1), zaś najwyższa 52,7 $\mu\text{mol/g}$, w przypadku soku nr 5 (S5). Przetwory własnej produkcji, czyli sok (SW) oraz dżemy (DN, DW) odznaczały się wyższą aktywnością przeciwutleniającą, aniżeli większość soków handlowych. Produkty te były również porównywalne z najlepiej ocenionym sokiem handlowym (S5) i nie różniły się od siebie pod względem istotności statystycznej. W badaniach prowadzonych przez Tabaszewską i współpracowników, sok z bzu czarnego posiadał znacznie wyższą niż dżemy, o ponad 100 % większą aktywność przeciwutleniającą, niemniej jednak były to produkty handlowe [Tabaszewska i in., 2015].



Rysunek 2. Aktywność przeciwutleniająca analizowanych soków, dżemów i surowca
a, b, c – różnice między średnimi istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$

Zawartość polifenoli ogółem

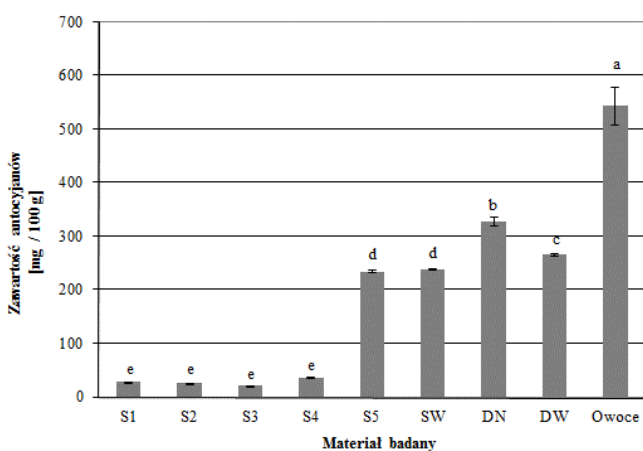
Zawartość polifenoli ogółem w badanych sokach, dżemach i owocach bzu czarnego przedstawiona jest na rys. 3. Podobnie jak w przypadku aktywności przeciwutleniającej, najwyższą zawartością polifenoli odznaczały się świeże owoce, które zawierały 1336 mg / 100 g, w przeliczeniu na kwas chlorogenowy. W sokach handlowych stwierdzono od 469 do 1047 mg / 100 g, przy czym w soku nr 1 (S1) występowało najmniej związków fenolowych, natomiast w soku nr 5 (S5) najwięcej. W soku własnym oznaczono 916 mg kwasu chlorogenowego / 100 g soku. Dżem o niższej zawartości cukru (DN) zawierał o ok. 170 mg więcej związków polifenolowych (967 mg / 100 g), niż dżem wysokosłodzony (DW), dla którego wartość ta wynosiła 796 mg / 100 g dżemu. Różnice między średnimi były w większości istotne statystycznie, na poziomie $p < 0,05$.



Rysunek 3. Zawartość polifenoli ogółem w analizowanych sokach, dżemach i surowcu
a, b, c – różnice między średnimi istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$

Zawartość antocyjanów

Wyniki oznaczonej zawartości antocyjanów w analizowanych produktach i surowcu zaprezentowane są na rys. 4. Pod względem tego parametru również wyróżniał się surowiec (Owoce), w którym odnotowano 542,7 mg cyjanidyno-3-glukozydu / 100 g owoców bzu czarnego. Wśród soków handlowych, soki nr 1 – 4 (S1 – S4) charakteryzowały się zawartością antocyjanów na zbliżonym poziomie, od 20,9 do 34,8 mg / 100 g, zaś sok nr 5 (S5) znacznie przewyższał pod tym względem pozostałe soki handlowe, gdyż w 100 g zawierał 233,7 mg tych związków. W soku z bzu czarnego własnej produkcji (SW) stwierdzono podobną zawartość antocyjanów jak w soku handlowym nr 5 (S5), a mianowicie 237,6 mg / 100 g. Badane dżemy cechowały się wyższą zawartością antocyjanów w stosunku do wszystkich badanych soków i przewaga ta była istotna statystycznie. W 100 g dżemu niskosłodzonego (DN) stwierdzono 326,4 mg cyjanidyno-3-glukozydu, zaś dla dżemu o wyższej zawartości cukru (DW) wartość ta wynosiła 264,9 mg / 100 g.



Rysunek 4. Zawartość antocyjanów w analizowanych sokach, dżemach i surowcu

a, b, c – różnice między średnimi istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$

Barwa

Barwa przetworów owocowych jest jedną z kluczowych cech branych pod uwagę przez konsumentów przy ich zakupie. Parametry barwy owoców oraz przetworów z bzu czarnego określono w systemie SCE (*specular component excluded*), co umożliwia wykluczenie wpływu opakowania (kuwety, słoika) na mierzone parametry. Wartości parametrów barwy przedstawiono w Tabeli 2. Parametr L^* określa jasność barwy czyli ilość światła przepuszczonego lub odbitego, wpadającego do oka obserwatora. Niskie wartości L^* świadczą o bardzo ciemnej barwie badanych produktów. W wyniku przetwarzania owoców, jasność obniżała się. Jedynie dwa soki handlowe cechowały się jaśniejszą barwą (wyższe wartości L^*) niż świeże owoce. Analogiczną zależność stwierdzono na podstawie wartości składowych barwy X, Y, Z, które również świadczą o ciemnej barwie badanych prób. Wartości parametrów a^* i b^* , podobnie jak nasycenia C^* zmniejszały się wyniku przetwarzania. Jedynie soki handlowe nr 1 (S1) i 3 (S3) wykazywały wyższe wartości tych

parametrów, co związane jest z większą jasnością i stosunkowo mniejszą zawartością antocyjanów w porównaniu z pozostałymi produktami. Duże zróżnicowanie zaobserwowano w zakresie wartości parametru h^* , który odpowiada potocznie rozumianemu odcieniowi barwy. Wszystkie wartości oscylują wokół początkowego punktu układu ($0/360^\circ$). Wzrost wartości h^* w zakresie 0-20 (w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara) świadczy o zmianie tonu barwy z fioletowo-czerwonej do czerwonej. Natomiast zmiana wartości h^* w kierunku przeciwnym odzwierciedla zmianę tonu barwy na bardziej fioletowy, z niebieskim odcieniem. W tym względzie najbardziej różnią się soki handlowe. Jest to związane zarówno z rodzajem surowca, jak i metodą produkcji soku.

Na podstawie analizy wariancji stwierdzono, że wartości wszystkich parametrów barwy różniły się istotnie ($p < 0,05$) w zależności od rodzaju badanego produktu. Dżemy (DN, DW) charakteryzowały się zbliżonymi wartościami parametrów barwy, choć zauważalny był wpływ większej zawartości cukru, kosztem owoców. Skutkowało to ciemniejszą barwą i zmianą tonu w kierunku barwy czerwonej w dżemie wysokosłodzonym, w porównaniu do niskosłodzonego. Soki, prawdopodobnie ze względu na inne technologie produkcji i jakość surowca, różniły się między sobą barwą. Na podstawie testu HSD Tukeya stwierdzono, że soki handlowe nr 1 (S1) i 3 (S3), w przypadku większości parametrów barwy, różniły się istotnie od pozostałych i tworzyły osobne grupy jednorodne dla obliczonych wartości średnich (Tab. 2). Generalnie, mimo istotnych różnic wartości parametrów barwy, większość badanych produktów cechowała się pożądaną, ciemnoczerwoną lub granatowo-czerwoną barwą.

Tabela 2. Parametry barwy surowca i badanych przetworów z bzu czarnego

Materiał	Parametr							
	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	C* (D65)	h* (D65)	X (D65)	Y (D65)	Z (D65)
S1	6,19 ±0,33b	7,15 ±0,10d	1,63 ±0,07e	7,33 ±0,09d	12,83 ±0,66a	0,83 ±0,04c	0,69 ±0,04b	0,62 ±0,03b
S2	3,05 ±0,03a	0,32 ±0,09a	-0,31 ±0,2a	0,45 ±0,19a	319,27 ±13,47b	0,33 ±0,00a	0,34 ±0,01a	0,38 ±0,01a
S3	8,39 ±0,17c	9,37 ±0,26e	3,30 ±0,06f	9,94 ±0,26e	19,37 ±0,36a	1,14 ±0,02d	0,93 ±0,02c	0,77 ±0,03c
S4	2,67 ±0,49a	0,45 ±0,09a	-0,05 ±0,1ab	0,46 ±0,09a	347,31 ±6,01c	0,29 ±0,05a	0,30 ±0,06a	0,32 ±0,06a
S5	2,60 ±0,22a	0,50 ±0,26a	-0,19 ±0,3ab	0,56 ±0,32a	341,43 ±18,78c	0,29 ±0,03a	0,29 ±0,03a	0,32 ±0,05a
SW	2,52 ±0,29a	3,07 ±0,16b	0,26 ±0,06bc	4,82 ±1,51bc	3,08 ±0,15a	0,34 ±0,03a	0,28 ±0,03a	0,28 ±0,03a
DN	3,58 ±0,54a	4,39 ±0,53c	0,53 ±0,12cd	4,43 ±0,51b	7,03 ±2,3a	0,48 ±0,07b	0,40 ±0,06a	0,39 ±0,07a
DW	3,49 ±0,44a	5,15 ±0,24c	0,80 ±0,33d	5,22 ±0,28bc	9,21 ±2,29a	0,49 ±0,04b	0,39 ±0,05a	0,36 ±0,06a
Owoce	5,22 ±0,53b	6,37 ±0,60d	0,91 ±0,16d	6,43 ±0,61cd	8,15 ±0,82a	0,70 ±0,07c	0,58 ±0,06b	0,56 ±0,06b

a, b, c – różnice między średnimi istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano, że badane soki z owoców bzu czarnego wykazywały duże zróżnicowanie pod względem analizowanych parametrów. Przetwory własnej produkcji, takie jak sok oraz dżemy, były na ogół porównywalne z najlepiej ocenionym sokiem handlowym. Ze względu na większy udział owoców, dżem niskosłodzony charakteryzował się większą zawartością badanych związków bioaktywnych, aniżeli dżem wysokosłodzony. Najwyższą aktywność przeciwutleniającą, zawartość polifenoli oraz antocyjanów wykazywał surowiec, czyli owoce bzu czarnego, z których przygotowano produkty własne. Ponadto owoce i przetwory z bzu czarnego cechowały się zróżnicowanymi wartościami parametrów barwy, jednak prawie wszystkie próby wykazywały pożądaną, ciemną, intensywną granatowo-czerwoną barwę.

Literatura

Antkowiak L., Rośliny lecznicze. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań, 1998.

Fuleki T., Francis F.J., Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *Journal of Food Science*, 1968, 33, 78-83.

Duymuş H.G., Göger F., Başer K.H., In vitro antioxidant properties and anthocyanin compositions of elderberry extracts. *Food Chemistry*, 2014, 155, 112-119.

Giusti M.M., Wrolstad R.E., Anthocyanins. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. W: Wrolstad R.E. (red.), *Current protocols in food analytical chemistry*. Wiley, New York, 2001, F1.2.1.-F1.2.13.

Giusti M.M., Wrolstad R.E., Acetyled anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 2003, 14, 217-225.

Gollucke A.P., Peres R.C., Odair A., Ribeiro D.A., Polyphenols: a nutraceutical approach against diseases. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*, 2013, 5 (3), 214-219.

Hutchings J.B., Food colour and appearance. Blackie Academic and Professional, Glasgow (UK), Publisher, 1996.

Lee J., Finn C.E., Anthocyanins and other polyphenolics in american elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2007, 87, 2665-2675.

Pastuszek W., Barwa w grafice komputerowej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 2000.

Radziejewicz J., Czarny bez – roślina z pogranicza magii i medycyny. *Ziołowy Zakątek. Rolniczy Magazyn Elektroniczny*, 2013, 53.

Re R., Pellegrini N., Preteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, 26 (9/10), 1231-1237.

Senderski E.M., Zioła – praktyczny poradnik o ziołach i ziołolecznictwie. Wydawnictwo Liber, 2009.

Singleton V.L., Rossi J.A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16, 144-158.

Tabaszewska M., Słupski J., Lisiewska Z., Ślęzyk A., Wybrane właściwości prozdrowotne produktów z bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.). Przemysł Fermentacyjny i Owocowo – Warzywny, 2015, 3, 14-16.

Thompson A.K., Fruit and vegetables harvesting, handling and storage. Blackwell Publishing, 2003.

Wierzbicki A., Dziki bez czarny – pozyskiwanie surowca i jego zastosowanie. Wiadomości Zielarskie, 2002, 4, 8–10.

Wu X., Gu L., Prior R., McKay S., Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of ribes, aronia, and sambucus and their antioxidant capacity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52, 7846-7856.

KINGA STUPER-SZABLEWSKA, ANNA OSTROWSKA-KOŁODZIEJCZAK,
ANNA MATYSIAK, JULIUSZ PERKOWSKI
Katedra Chemii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ostrowska.anna.maria@gmail.com

PROFIL ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH W ZIARNIE PSZENICY RÓŻNEJ WIELKOŚCI

Streszczenie

Ziarno pszenicy jest bogatym źródłem związków wykazujących aktywność biologiczną. Profil wszystkich związków w ziarnie pszenicy jest zróżnicowany i zależy od wielu czynników. Jednym z nich jest wielkość ziarniaków. W jednym z pierwszych etapów przemiału pszenicy w młynie następuje sortowanie ziarna w wyniku którego najmniejsze z nich są usuwane i traktowane jak surowiec odpadowy. Wystandardyzowane ziarno poddawane jest w dalszej kolejności procesom obróbki prowadzącym do produktu finalnego.

Celem niniejszych badań było określenie profilu związków biologicznie czynnych takich jak kwasy fenolowe, kwasy tłuszczowe oraz aktywności przeciwutleniającej w ziarnie pszenicy różnej wielkości. Rozpatrywano następujące wielkości ziarniaków: >2,8mm; 2,8 – 2,5mm; 2,5 – 2,2mm oraz <2,2mm.

Uzyskane wyniki wykazały następujące tendencje: wraz z wzrostem wielkości ziarniaków maleje aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość kwasów fenolowych. W przeciwieństwie do kwasów tłuszczowych, których zawartość jest wprost proporcjonalna do wielkości ziarniaków.

Słowa kluczowe: kwasy fenolowe, pszenica, kwasy tłuszczowe, aktywność przeciwutleniająca

Wprowadzenie

Szybki rozwój przemysłu rolno-spożywczego, a szczególnie jego automatyzacja, wymusza spełnianie wysokich norm jakościowych przez surowce pochodzenia roślinnego. W przypadku przemysłu zbożowego konieczne stało się ujednolicenie surowca pod względem wielkości ziarna oraz wprowadzenie do uprawy odmian zbóż o wysokich wartościach użytkowych. W tym kontekście dokładne określenie optymalnych dla przetwórstwa właściwości geometrycznych ziarna zbóż umożliwiło analizę związków pomiędzy wielkością ziarna, a jego wyróżnikami jakościowymi, wpływającymi na procesy technologiczne. Wielkość, kształt, ciężar, barwa oraz inne właściwości fizyczne ziarna, a także występująca pomiędzy odmianami zmienność wynika przede wszystkim z różnic biologicznych (odmianowych), warunków glebowo-klimatycznych oraz zabiegów agrotechnicznych. Cechy geometryczne ziarna mają szczególnie istotne znaczenie w procesach technologicznych: sortowanie, obłuszczenie i rozdrabnianie. Wykazano, iż wraz

ze wzrostem wielkości ziarniaków pszenicy zwiększa się ich sferyczność. Nawet w obrębie tej samej odmiany występuje duża zmienność właściwości fizycznych ziarniaków.

Wśród składników ziarniaków, które wykazują aktywność biologiczną w ostatnim czasie są coraz częściej badane i podkreślana jest ich istotna rola w procesach metabolicznych rośliny. Związkami należącymi do tej grupy są m.in. kwasy fenolowe (głównie kwas ferulowy) oraz kwasy tłuszczowe.

Związki fenolowe stanowią liczną grupę połączeń o silnych właściwościach przeciwutleniających [Kris-Etherton i in., 2002]. Dzieli się je ze względu na podstawowy szkielet węglowy na: kwasy fenolowe, flawonoidy, stilbeny i lignany. Wyniki licznych badań wskazują, że związki fenolowe mogą opóźniać fazę inicjacji lub przerywać łańcuch reakcji wolnorodnikowych. Kwasy fenolowe w roślinach występują głównie w formie związanej, jako elementy złożonych struktur lignin i tanin hydrolizujących oraz w postaci estrów i glikozydów [Millard i in., 1996; Adom i in., 2005]. Pod względem struktury podstawowego szkieletu węglowego kwasy fenolowe są pochodnymi kwasu benzoowego i cynamonowego występującymi w formie wolnej, estrów i glikozydów, z których są uwalniane w wyniku hydrolizy kwaśnej, alkalicznej i enzymatycznej [Gani i in., 2012]. Wolne kwasy występują najczęściej w niewielkich ilościach, a ich stężenie zależy od gatunku i stopnia dojrzałości rośliny [Stuper-Szablewska i in., 2014]. Ogólną pulę kwasów fenolowych w ziarniakach zbóż tworzą kwasy fenylokarboksylowe (p-hydroksybenzoesowy, salicylowy, protokatechowy, wanilinowy, galusowy i elagowy) i kwasy fenylopropenowe (kawowy, p-kumarowy, ferulowy, synapinowy), tworzące tzw. fenolokwasy. W ziarniakach zbóż dominującym kwasem fenolowym jest kwas trans-ferulowy [Boz, 2015].

Drugą grupę związków bioaktywnych tworzą kwasy tłuszczowe. Lipidy są ilościowo niewielkim, lecz istotnym składnikiem ziarna pszenicy, których zawiera od 0,9 – 3,3% [Morrison, 1977]. Zawartość tych związków w ziarnie pszenicy związana jest z jego dojrzałością, przynależnością odmian do klas jakościowych oraz warunkami jej uprawy [Konopka i in., 2006; Suchowilska i in., 2009]. W skutek działania mikroflory zasiedlającej ziarniaki produkowane są toksyczne metabolity, ale również następują jakościowe zmiany ziarna w jego poszczególnych frakcjach: białkowej, tłuszczowej oraz węglowodanowej [Olsson, 1999]. Procesy utleniania lipidów, obok hydrolizy, są najczęściej zachodzącymi przemianami obserwowanymi podczas procesów metabolicznych grzybów mikroskopowych zasiedlających ziarno pszenicy. Procesy utleniania lipidów następują przy współdziałaniu enzymów drobnoustrojów wykazujących specyficzność typową dla lipooksygenaz. Obecność takich enzymów stwierdzono w następujących rodzajach mikroorganizmów: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Pseudomonas* [Olsson, 1999]. Lipooksygenazy katalizują utlenianie polienowych kwasów tłuszczowych do ich wodoronadtlenków. Wodoronadtlenki kwasów tłuszczowych są związkami mało stabilnymi i ulegają transformacji w następujących reakcjach: redukcji, izomeryzacji, rozszczepienia łańcucha i innych. Wykazano, że niektóre szczepy grzybów mikroskopowych mają zdolność rozkładania wodoronadtlenków. Duże znaczenie ma rozszczepienie łańcucha węglowego wodoronadtlenku do związków lotnych, które często obniżają walory organoleptyczne surowców i produktów [Price i Parson, 1995]. Przedmiotowa literatura wskazuje, że pod wpływem mikroorganizmów ilość triacylogliceroli, estrów steroli i frakcje lipidów polarnych

(suma fosfolipidów i glikolipidów) ulegają obniżeniu w ziarnie pszenicy, natomiast zawartość wolnych kwasów tłuszczowych rośnie. Spadek zawartości triacylogliceroli w ziarnie jest spowodowany działaniem lipaz mikroorganizmów [Ruibal-Mendieta i in., 2002].

Hydroliza, utlenianie, i inne chemiczne przemiany, którym podlegają lipidy materiałów biologicznych prowadzą nie tylko do spadku ich zawartości, obniżając wartość żywieniową i technologiczną surowców i produktów, lecz także do tworzenia związków lotnych, odpowiedzialnych za pożądany lub obcy zapach. Często w surowcach i produktach, które jeleżały i wykazywały obcy zapach stwierdzono obok bakterii, obecność grzybów mikroskopowych o właściwościach lipolitycznych. W bakteriach i grzybach stwierdzono obecność lipaz, lipooksydaz i enzymów katalizujących rozpad utlenionych kwasów tłuszczowych.

Celem niniejszych badań było określenie profilu związków biologicznie czynnych, takich jak kwasy fenolowe, kwasy tłuszczowe oraz aktywności przeciwutleniającej w ziarnie pszenicy różnej wielkości. Rozpatrywano następujące wielkości ziarniaków: >2,8mm; 2,8 – 2,5mm; 2,5 – 2,2mm oraz <2,2mm.

Materiał i metody badań

Materiał badany stanowiło 16 prób ziarna pszenicy ozimej pochodzącej z upraw zlokalizowanych na terenie Wielkopolski. Masa jednej próby wynosiła 5kg. Do analizy sitowej pobrano 200g ziarna. Ziarno dzielono na frakcje: >2,8mm; 2,8 – 2,5mm; 2,5 – 2,2mm oraz <2,2mm.

Oznaczanie kwasów fenolowych

Oznaczanie kwasów fenolowych przeprowadzono po wykonaniu hydrolizy zasadowej, a następnie kwasowej. Kwasy fenolowe ekstrahowane były z fazy nieorganicznej za pomocą eteru dietylowego. Analiza zawartości kwasów fenolowych przeprowadzona była za pomocą wysokosprawnego chromatografu cieczowego (Waters SDS 501) z detektorem absorbcyjometrycznym (Waters 486 Tunable Absorbance Detector). Rozdział chromatograficzny odbywał się na kolumnie RP C-18, 250 x 4mm x 5μm, jako faza wymywająca zastosowana została mieszanina acetonitryl : 2% kwas octowy w wodzie (pH=2) (gradient). Pomiar stężenia kwasów fenolowych następował przy użyciu wzorca zewnętrznego przy długości fali $\lambda=320$ nm i 280 nm. Identyfikacja związków odbywała się na podstawie porównania czasu retencji badanego piksu z czasem retencji standardu oraz poprzez dodanie do badanej próbki określonej ilości standardu i powtórnej analizę. Poziom wykrywalności wynosił 1μg/g. Czasy retencji analizowanych kwasów wynoszą: galusowy: 8.85 min; 4-hydroksybenzoesowy: 19.46 min; wanilinowy: 24.11 min; kawowy: 26.19 min; syringinowy: 28.05 min; wanilina: 33.20 min; p-kumarynowy: 40.20 min; benzoowy: 44.50; ferulowy: 46.20 min; synapinowy: 48.00 min; t-cynamonowy: 52,40 min [Stuper-Szablewska i in., 2014].

Analiza profilu kwasów tłuszczowych

Kwasy tłuszczowe wyodrębnione zostały z prób metodą ekstrakcji z jednoczesnym zmydleniem wspomaganym promieniowaniem mikrofalowym. Po odparowaniu do sucha w strumieniu azotu próbki zostały zmetylowane poprzez dodanie 0,5 ml metanolu oraz 0,15 ml mieszaniny bezwodnego metanolu i kwasu siarkowego VI (1:5 v/v) w temperaturze 70°C przez 15 min. Po schłodzeniu przeprowadzona została ekstrakcja za pomocą 0,5 ml heksanu oraz wody. Warstwę heksanową analizowano za pomocą chromatografu gazowego (Agilent 5890 II) wyposażonego w detektor płomieniowo-jonizacyjny oraz kolumnę chromatograficzną Supelcowax 10 (30 m x 0,25 mm i.d., 0,25 µm). Temperatura komory nastrzykowej wynosiła 220°C, a detektora 240°C. Rozdział chromatograficzny przeprowadzony został z programowaniem temperatury od 60°C do 240°C w tempie 110°C/min. Piki identyfikowano poprzez porównanie ich czasu retencji z czasem retencji znanych metylowanych kwasów tłuszczowych.

Analiza statystyczna

Wyniki uzyskane w toku przeprowadzonych analiz chemicznych poddane zostały analizie statystycznej w programie STATISTICA v 8.0. W celu porównania zawartości poszczególnych metabolitów w próbach zastosowano procedurę porównań wielokrotnych metodą Tukey'a.

Wyniki i dyskusja

Wielkość ziarna oraz jego kształt to cechy, które również uwzględnia się w ocenie organoleptycznej. Ziarno duże, dobrze rozwinięte, w przeciwieństwie do ziarna drobnego, jest bogatsze w skrobię, natomiast uboższe w białko. Zawiera też mniej włókna. Czasami obserwuje się ziarno pomarszczone – jest to najczęściej spowodowane porośnięciem ziarna jeszcze na polu podczas niesprzyjających warunków pogodowych (Rysunek 1.).

Przeprowadzona analiza chemiczna zawartości kwasów fenolowych oraz aktywności przeciwutleniającej ekstraktów wykazała, iż wraz z wzrostem wielkości ziarniaków maleje aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość kwasów fenolowych (Tabela 1.). W przeciwieństwie do kwasów tłuszczowych, których zawartość jest wprost proporcjonalna do wielkości ziarniaków (Tabela 2). Uzyskane wyniki analiz chemicznych poddano analizie statystycznej i stwierdzono, istotne różnice między zawartością analizowanych związków w rozpatrywanych frakcjach. Wśród kwasów fenolowych najwyższe stężenie zaobserwowano dla kwasu ferulowego we wszystkich frakcjach. Na podstawie niniejszych badań można wnioskować, iż zwiększona zawartość kwasów fenolowych i podwyższona aktywność przeciwutleniająca w mniejszych ziarniakach związana być może z tym, że wzrost ziarniaków został ograniczony w wyniku działania czynników biotycznych takich jak np. infekcja mikrobiologiczna. Wcześniejsze badania prowadzone przez autorów wykazały zależność wzmożonej aktywności przeciwutleniającej podczas infekcji ziarna grzybami z rodzaju *Fusarium* [Stuper-Szablewska i in., 2015]. W mniejszych ziarniakach następuje też koncentracja wszystkich składników mineralnych bioaktywnych zlokalizowanych w zarodku i warstwie aleuronowej, ze względu na istotnie mniejszy udział bielma w całym ziarniaku. Spośród kwasów tłuszczowych największą zawartość zanotowano

dla kwasu: C16, C18:1, C18:2, C18:3n3. Ich zawartość była wprost proporcjonalna do wielkości ziarniaków. Jest to prawdopodobnie związane z wielkością zarodka, w którym skumulowane są w głównej mierze kwasy tłuszczowe. Reasumując im większe ziarno tym większy udział procentowy tłuszczu w masie.



Rysunek 2. Ziarniaki pszenicy zdrowe (A) oraz porażone przez grzyby mikroskopowe (B)
Zdjęcie: dr T. Góral, IHAR w Radzikowie

Tabela 1. Zawartość kwasów fenolowych (mg/kg) w różnych frakcjach ziarna pszenicy oraz aktywność przeciwutleniająca ich ekstraktów wyrażona za pomocą ABTS (μM Trolox/100g)

Kwas fenolowy Średnia (mg/kg)±SD	Wielkość ziarniaków (mm)			
	>2,8	2,8 – 2,5	2,5 – 2,2	<2,2
Galusowy	20,0 ^b ±1,6	28,5 ^b ±3,1	26,3 ^b ±5,2	40,2 ^a ±3,5
Chlorogenowy	29,5 ^b ±3,8	30,0 ^b ±2,7	51,3 ^a ±4,2	39,0 ^a ±6,9
Kawowy	17,2 ^c ±5,2	32,6 ^b ±9,4	34,0 ^b ±3,8	46,0 ^a ±9,5
Syryngowy	41,3 ^c ±7,2	49,0 ^c ±4,5	56,3 ^b ±8,4	72,5 ^a ±8,6
Wanilinowy	30,0 ^c ±2,6	43,6 ^c ±9,4	60,0 ^b ±3,2	112,3 ^a ±14,7
<i>p</i> -Kumarynowy	18,3 ^b ±6,7	42,6 ^a ±5,9	40,2 ^a ±1,8	49,5 ^a ±1,9
Ferulowy	962,3 ^c ±54,2	986,2 ^c ±49,5	1268,4 ^b ±66,2	1782,5 ^a ±77,4
Synapinowy	16,59 ^b ±4,29	24,3 ^b ±4,6	29,5 ^b ±3,9	49,7 ^a ±10,2
ABTS (μM Trolox/100g)	1103 ^d ±74	1858 ^c ±25	2585 ^b ±39	2833 ^a ±26

^{a,b,c} – te same litery w wierszach oznaczają brak istotnych różnic na poziomie ufności 0,05

Tabela 2. Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/kg) w różnych frakcjach ziarna pszenicy

Kwas tłuszczowy Średnia (mg/kg)±SD	Wielkość ziarniaków (mm)			
	>2,8	2,8 – 2,5	2,5 – 2,2	<2,2
C16	760,5^a±93,5	763,5^a±73,5	217,8^b±64,3	220,1^b±3,5
C17	18,33 ^a ±1,5	14,3 ^a ±6,4	1,5 ^b ±0,8	2,4 ^b ±0,6
C17:1	31,53 ^a ±7,6	30,53 ^a ±8,6	1,1 ^b ±0,3	2,16 ^b ±0,4
C18	65,88 ^a ±12,4	55,88 ^a ±12,4	15,1 ^b ±9,4	19,96 ^b ±5,3
C18:1	472,33^a±43,5	442,33^a±86,3	131,1^b±61,0	133,02^b±42,7
C18:2	1829,43^a±98,4	1769,43^a±145,3	696,4^b±83,4	533,43^b±18,6
C18:3n3	176,84^a±35,4	155,84^a±23,6	67,93^b±24,9	48,98^b±9,7
C20	33,98 ^a ±7,6	31,98 ^a ±11,8	4,49 ^b ±0,7	0,56 ^b ±0,02
C20:1	47,94 ^a ±9,1	41,94 ^a ±9,2	10,72 ^b ±0,4	2,50 ^b ±0,7
C20:2	10,71 ^a ±4,4	8,71 ^a ±2,7	3,41 ^b ±0,6	1,18 ^b ±0,2
C20:5n3	14,93 ^a ±5,7	12,93 ^a ±3,4	3,09 ^b ±0,3	6,29 ^{ab} ±1,1
C22	10,03 ^a ±1,2	11,03 ^a ±1,0	2,74 ^b ±0,4	4,72 ^{ab} ±0,8
C22:1n9	3,67 ^a ±0,6	2,67 ^a ±0,3	0,80 ^a ±0,002	0,74 ^a ±0,03
C22:2	15,28 ^c ±1,9	13,28 ^c ±1,9	42,48 ^b ±9,4	92,84 ^a ±14,5
C23	32,78 ^a ±7,6	31,78 ^a ±6,7	11,92 ^b ±6,7	8,94 ^b ±2,5

^{a,b,c} – te same litery w wierszach oznaczają brak istotnych różnic na poziomie ufności 0,05

Ziarno o różnej grubości i sferyczności wykazuje różnice w składzie chemicznym. Spowodowane jest to najprawdopodobniej innym okresem dojrzewania poszczególnych ziaren w kłosie. Powoduje to, iż ziarna najmniejsze nie są należycie wypełnione bielmem podczas końcowego okresu dojrzewania. Mają w porównaniu do ziaren dużych mniej skrobi, a więc białka i substancji mineralnych [Gaines, 1996].

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, iż wraz ze wzrostem wielkości ziarniaków maleje aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość kwasów fenolowych. W przeciwieństwie do kwasów tłuszczowych, których zawartość jest wprost proporcjonalna do wielkości ziarniaków.

Literatura

Adom K.K., Sorrells M.E., Liu R.H., Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53 (6), 2297-306.

Boz H., Ferulic acid in cereals. *Czech Journal of Food Science*, 2015, 33(1), 1-7.

Boutigny A. L., Richard-Forget F., Barreau Ch., Natural mechanism for cereal resistance to the accumulation of *Fusarium trichothecenes*. *European Journal of Plant Pathology*, 2008, 121, 411-423

Gaines C.S., Texture (hardness and softness) variation among individual soft and hard wheat kernels. *Cereal Chemistry*, 1996, 63, 479-484.

Gani A., Wani S.M., Masoodi F.A., Hameed G. Whole-Grain Cereal Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. *Journal of Food Processing and Technology*, 2012, 3, 146.

Konopka I., Czaplicki S., Rotkiewicz D. Differences in content and composition of free lipids and carotenoids in flour of spring and winter wheat cultivated in Poland. *Food Chemistry*, 2006, 95, 290-300.

Kris-Etherton P.M., Hecker K.D., Bonanome A., Bioactive compounds in food: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 2002, 113, 71S-88S.

Lemańska K., Szymusiak H., Tyrakowska B., Zieliński R., Rietjens I.M.C.M., The influence of pH on antioxidant properties and mechanism of antioxidant action of hydroxyflavones. *Free Radical Biology & Medicine*, 2001, 31, 869-881.

Lemańska K., van der Woude H., Szymusiak H., Boersma M.G., Gliszczyńska-Świgło A., Rietjens I.M.C.M., Tyrakowska B., The effect of catechol O-methylation on radical scavenging characteristics of quercetin and luteolin – a mechanistic insight. *Free Radical Research*, 2004, 38, 639-647.

- Millard M., Scum M. H., Meydanis N., Antioxidant activity of barley and malt relationship with phenolic content. *Food Science and Technology*, 1996, 29, 238-244.
- Morrison W. R., Cereal lipids. *Proceedings of the Nutritional Society*, 1977, 36, 143- 147.
- Olsson P.A., Signature fatty acids provide tools for determination of the distribution and interactions of mycorrhizal fungi in soil. *FEMS Microbiology Ecology*, 1999, 29, 303-310.
- Prabhasanar P., Haridas Rao P., Lipids in wheat flour streams. *Journal of Cereal Science*, 1999, 30, 315-320.
- Prabhasanar P., Vijaya Kumar M., Lokesh B. R., Haridas Rao P., Distribution of free lipids and their fractions in wheat flour milled streams. *Food Chemistry*, 2000, 71, 97-103.
- Price P. B., Parsons J. G., Lipids of several cereal grains. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1995, 52, 490-493.
- Ruibal-Mendieta N. L., Delacroix D. L., Meurens M., A comparative analysis of free, bound and total lipid content in spelt and winter wheat wholemeal. *Journal of Cereal Science*, 2002, 35, 337-342.
- Stuper-Szablewska K., Ostrowska A., Góral T., Matysiak A., Perkowski J., Porównanie aktywności przeciwutleniającej różnych odmian pszenicy ozimej naturalnie porażonej oraz inokulowanej grzybami z rodzaju *Fusarium*. *Biuletyn IHAR*, 2015, 276, 9-18.
- Stuper-Szablewska K., Kurasiak-Popowska D., Nawracała J., Perkowski J., Comparison of phenolic acids contents in various wheat genotypes. *Przemysł Chemiczny*, 2014, 93/12, 2274-2278.
- Suchowilska E., Wiwart M., Borejszo Z., Packa D., Kandler W., Krska R., Discriminant analysis of selected yield components and fatty acids composition of chosen *Triticum dicoccum* and *Triticum spelta* accessions. *Journal of Cereal Science*, 2009, 49, 310-315.

SYLWIA CHUDY

Katedra Technologii Mleczarstwa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

sylwia.maria.chudy@gmail.com

URSZULA GIERAŁTOWSKA

Katedra Ubezpieczeń i Rynków Kapitałowych

Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania

Uniwersytet Szczeciński

MIROŚLAWA KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK, MICHAŁ PIĄTEK

Zakład Inżynierii i Projektowania Procesów Produkcyjnych

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

POMIAR BARWY PRODUKTÓW MLECZARSKICH

Streszczenie

W artykule przedstawiono teorię dotyczącą pomiaru barwy produktów spożywczych. W części badawczej dokonano pomiaru barwy sera podpuszczkowego dojrzewającego i masła. Wyliczono minimalną liczebność próby do pomiaru barwy przy użyciu spektrofotometru x-Rite SP60 dla tych produktów. Sprawdzono również czy istnieją statystycznie istotne różnice pomiędzy wynikami parametrów barwy przy ustawieniu spektrofotometru w pozycji SPIN i SPEX. Stwierdzono (przyjmując błąd na poziomie $d=2\%$), że w przypadku sera podpuszczkowego dojrzewającego i masła próba powinna liczyć odpowiednio 13 i 33 elementy oraz że badania wykonane przy ustawieniu spektrofotometru w pozycji SPIN i SPEX dają odmienne rezultaty.

Słowa kluczowe: CIE Lab, liczebność próby, kolor, masło, ser podpuszczkowy dojrzewający

Wprowadzenie

Instrumentalny pomiar barwy

Widzenie barwne jest procesem psychofizycznym [Jaglarz, 2005]. „Barwa jest zjawiskiem, które zachodzi w trójkącie: źródło światła, przedmiot i obserwator. Zjawisko barwy jest wrażeniem powstałym u obserwatora, wywołanym przez odpowiednie długości fal świetlnych, które emitowane są przez źródło światła i modyfikowane przez przedmiot. Jeśli zmieni się jedna z tych składowych wrażenie barwy będzie inne” (będziemy widzieć inną barwę) [Fraser i in., 2012]. Instrumenty „mierzące barwę” (spektrofotometry, densytometry, kolorymetry) działają na zasadzie oświetlenia próby światłem o znanym składzie widmowym, a następnie pomiarze światła odbitego lub przepuszczonego przez jej powierzchnię.

Najczęściej obecnie wykorzystywanym systemem podczas instrumentalnego określania barwy jest system CIE Lab. Pozwala on na „przeniesienie” barwy badanego produktu w układ przestrzenny. Trójwymiarowość prezentacji barw w systemie CIE Lab można zamienić na osobne przedstawienie luminacji barwy - w słupku o skali 0-100 i parametrów barwy a^* i b^* na kole o promieniu 120 jednostek lub w układzie kartezjańskim. Należy jednak pamiętać, że jest to przedstawienie mocno uogólnione. Przestrzeń barw w systemie CIE Lab nie jest ani walcem ani sześcianem i parametry barwy a^* i b^* nie przyjmują maksymalnych wartości -120 (odpowiednio barwa zielona, niebieska) i +120 (czerwona, żółta) na całej długości L^* . Składowa L^* oznacza jasność (luminację, ang. lightness) i przyjmuje wartości od zera (barwa czarna) do stu (biel).

Dla całościowego opisu barwy produktu potrzebne są informacje o jej trzech atrybutach: jasności, odcieniu (h) i nasyceniu (C). Taki sposób przedstawienia barwy jest łatwiejszy do interpretacji, ponieważ odpowiada fizjologicznemu odczuwaniu koloru i nasycenia [Rożnowski, 2006]. Jasność odnosi się do ilości światła (fotonów) docierających do naszego oka. Odcień (ton, ang. hue) określa dominującą długość fali w spektrum tej barwy. Długość ta decyduje o tym jaki odcień ma dana barwa. Matematycznie, w układzie CIE Lab odcień to kąt jaki tworzy prosta przechodząca przez środek układu i punkt o współrzędnych a^* , b^* z osią a. Nasycenie (ang. chroma) opisuje czystość barwy (w jakim stopniu dominująca długość fali jest „zanieczyszczona” innymi). Barwy których spektrum zawiera wąski zakres długości fal postrzegane są jako bardziej nasycone. Nasycenie to odległość punktu od środka układu. Im dalej od środka układu tym barwa jest głębsza i czystsza. Wielkość C jest równa długości przeciwprostokątnej trójkąta o bokach a^* i b^* , stąd z twierdzenia Pitagorasa $C = [a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$. Barwy o niewielkim nasyceniu nazywamy barwami pastelowymi. Barwy achromatyczne (od bieli przez szarość do czerni) posiadają tylko jedną cechę – jasność. Pozostałe barwy nazwane chromatycznymi charakteryzują się trzema parametrami L^* , a^* i b^* .

W celu stwierdzenia zmian barwy produktu (wynikającej np. z procesu technologicznego, okresu przechowywania) lub dla porównania barwy produktów podaje się: ΔL , ΔC , Δh , oraz różnicę barw (ΔE) jest to odległość pomiędzy dwoma punktami w przestrzeni trójwymiarowej i oblicza się ją ze wzoru $\Delta E = [\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2]^{1/2}$. Wartości ΔE interpretuje się następująco:

- $0 < \Delta E < 1$ – niewidoczna różnica barw
- $1 < \Delta E < 2$ – niewielkie różnica, rozpoznawalna jedynie przez osobę doświadczoną w odróżnianiu niuansów barw
- $2 < \Delta E < 3,5$ – różnica rozpoznawalna nawet przez niedoświadczonego obserwatora
- $3,5 < \Delta E < 5$ wyraźna różnica barw
- $5 < \Delta E$ - obserwator odnosi wrażenie dwóch różnych barw

Mniej rozpowszechnionymi – choć nowszymi i dokładniejszymi metodami oznaczania różnic są: ΔE_{94} , ΔE_{2000} , CMC [Mielicki, 1997; Rożnowski, 2006].

Dodatkowo w literaturze przedmiotu spotyka się stepujące wyróżniki:

- oddalenie od bieli, WI (whiteness index) $WI_{E313} = 3.388Z - 3Y$,
- $WI = (100 - L)^2 + a^2 + b^2$ [https://sites.google.com]

- YI (yellowing index) wskaźnik zażółcenia, który może służyć jako wskaźnik starzenia się produktu. $YI = 100 (1,28X - 1,06)/Y$, gdzie X i Y to składowe trójkromatyczne próbki [Hunter i Harold, 1987].

Dla pełnego zrozumienia przedstawionych w pracach naukowych wyników i możliwości ich porównywania konieczne jest przedstawienie warunków badania tj., rodzaju urządzenia pomiarowego, systemu barw (np. CIE Lab, CIE LCh, CIE XYZ), rodzaju światła, obserwatora (2° lub 10°), geometrii pomiaru, wielkości otworu pomiarowego, wzorca kalibracyjnego, ilości powtórzeń i sposobu przygotowania próbek.

Znormalizowane źródło światła (illuminant; iluminant) to światło o zmierzonej lub zdefiniowanej krzywej spektralnej (zależność długości fali od energii promieniowania). Iluminant A odpowiada krzywej spektralnej lampy żarowej (typowej żarówki o mocy ok 200W i temperaturze barwowej 2854K), iluminant B – światłu słonecznemu o skorelowanej temperaturze barwowej 4874K (bardzo rzadko używany w praktyce), iluminant C – symulacji światła dziennego (o skorelowanej temp. barwowej 6774K), tzw. światło nieba północnego bez UV, iluminant ten został zastąpiony iluminantem D. Seria iluminantów D reprezentuje różne rodzaje światła dziennego np. D55 (światło późnego poranka i popołudnia) i D65 (światło w południe), odpowiednio o temperaturze barwowej 5503K i 6504K. Iluminant E jest teoretycznym iluminantem, a seria iluminantów F odpowiada charakterystyce lamp fluorescencyjnych (od F2 do F12) [Fraser i in., 2012], iluminant G- światło żarówki próżniowej (2361K), iluminant P – światło lamp naftowych (1901K), iluminanty X – światło lampy ksenonowej [Rożnowski, 2006].

Przy obserwacji przedmiotu sygnał wizualny z oka jest rezultatem całkowania na dużej powierzchni. W związku z tym zaleca się wybór obserwatora znormalizowanego 10° .

Kąt pod jakim wiązka światła pada na próbę, a następnie jest kierowana do detektora, nazywa się geometrią pomiaru. W przyrządach o geometrii 45/0 próba oświetlana jest pod kątem 45° (oświetlenie kierunkowe z jednego/kilku kierunków lub cyrkularnie) a pomiar refleksyjności (natężenia światła odbitego) odbywa się pionowo nad próbką, czyli pod kątem 0° do normalnej. Oświetlenie cyrkularne jest konieczne do uzyskania powtarzalności wyniku pomiaru oraz uniknięcia zależności wyniku od kierunku pomiaru na strefach silnie fakturowanych lub o wzorze powierzchni noszącym cechy kierunku. Za pomocą tej geometrii barwa zostanie oceniona tak, jak w normalnych warunkach wzorcowania wizualnego. W tym układzie nie mierzy się promieniowania odbitego w sposób lustrzany, podobnie jak nie widzi się go obserwując powierzchnię w takich samych warunkach. Gdy czytamy na przykład czasopismo wydrukowane na papierze o wysokim połysku, trzymamy je tak, aby odbicie źródła światła nie oślepiało nas. Jeżeli porównujemy przedmiot o wysokim połysku z próbką, która wykazuje tę samą pigmentację, lecz jest matowa lub strukturalna, nasze oko postrzega ten przedmiot jako ciemniejszy, a jego barwę jako bardziej nasyconą. Właśnie taki rezultat da pomiar przyrządem o geometrii 45/0. Różnice w połysku/strukturze powierzchni odczytywane są przez przyrząd jako różnice barwy. Geometria 45/0 jest zgodna z wrażeniem wizualnym człowieka [www.eurotom.pl]. Pomiar próbek ciekłych jest wykonywany klasyczną techniką spektrofotometryczną o geometrii 0/0 [Rożnowski, 2006].

Aparaty o geometrii sferycznej (np. d/0) oświetlają obiekt światłem rozproszonym dyfuzyjnie (stąd litera d w oznaczeniu) za pomocą kuli pokrytej bielą (kula Ulbricha) [Rożnowski, 2005] i dokonują pomiaru pod kątem nie większym niż 10° np. 8° (d/8). Przyrządy o takiej geometrii występują w dwóch wariantach, zależnie od ich konstrukcji i przeznaczenia: SPIN (SCI, di) oraz SPEX (SCE, de). W ustawieniu SPIN wynik pomiaru barwy jest niezależny od tego, czy powierzchnia próbki jest połyskliwa, czy matowa, czy też o wyraźnej strukturze. Różnice w połysku lub strukturze powierzchni nie wpływają na różnice odczytu barwy. Tej geometrii używamy gdy chcemy sprawdzić powtarzalność zabarwienia danej próbki (mierzone jest całe światło odbite od próbki). W konfiguracji SPEX (usunięcie komponentu odbicia zwierciadlanego) symulowana jest geometria 45/0. Gdy produkty wykazują różnice połysku wizualnie odbierzemy je jako różne, a geometria sferyczna SPEX rozpozna te różnice [<https://www.byk.com>].

Tylko pomiary, które zostały wykonane w tych samych warunkach (w tej samej geometrii) są ze sobą porównywalne.

Większość spektrofotometrów wykorzystywanych do mierzenia światła na potrzeby systemu zarządzania barwą posiadają otwór o średnicy 4 - 8mm. Im większy jest otwór pomiarowy, tym mniejszy wpływ na pomiar mają różnice powierzchniowe. Przy opisie badań produktów płynnych i sypkich należy podać rodzaj stosowanej kuwety i zaznaczyć czy pomiar był dokonywany przez szkołę kuwety.

Przygotowanie próbki jest podstawowym problemem pomiaru barwy. W przypadku próbek stałych podczas analizy należy pamiętać, że:

1. próbka powinna być płaska (aby rozproszone światło było jednolite)
2. zapylenie, struktura warstw podpowierzchniowych wpływa na rozpraszanie światła
3. struktura barwników zależy od temperatury (należy podać temperaturę badanego produktu)
4. otwór pomiarowy musi być dopasowany do rozmiaru próby (należy podać wielkość otworu pomiarowego i wielkość próby)
5. źródła światła w urządzeniach pomiarowych są bardzo intensywne, dlatego na wynik pomiaru próbki może mieć wpływ rodzaj podłoża, na którym jest ona umieszczona [Rożnowski, 2006]
6. próbki o zwiększonej zawartości wody mają niższą jasność od próbek suchych [Klepacka, 2003]
7. liczba powtórzeń musi być wyliczona dla badanego materiału [Biller i in., 2005; Zapotoczny i Zielińska, 2005]
8. opis badanych prób powinien uwzględniać ich skład chemiczny.

Barwa produktów mleczarskich

W literaturze liczba pomiarów barwy produktów mleczarskich dla jednej próby waha się od 2 do 10 (tab. 1) ale w wielu publikacjach brak jest danych na temat ilości pomiarów [Chen i in., 2012; Dmowski i Platta, 2012]

Tabela 1. Pomiar barwy produktów mleczarskich z uwzględnieniem ilości oznaczeń

Rodzaj badanego materiału	Ilość oznaczeń dla jednej próby	Rodzaj sprzętu	Autor
Mleko UHT 2%	2	Hitachi U-3000	Cais-Sokolińska i Pikul, 2003
Desery mleczne	2	Labscan II	Tarrega i Costell, 2007
Egipski ser Gouda	2	Spektrokolorymetr Tristimulus Color Machine	El-Nimr i in, 2010
Smakowe i naturalne mleczne produkty fermentowane	3	ChromaMeter CR-400/410	Steinka i Skok, 2013
Mleko w proszku	3	x-Rite SP60	Chudy i in., 2015
Kawa z mlekiem	3	x-Rite SP60	Chudy, 2014
Ser owczy	3	Kolorymetr CR-400 (Minolta, Osaka, Japan)	Medeiros i in., 2013
Jogurty naturalne od 0 do 10% tłuszczu	5	Chroma Meter cr-400, Konica Minolta	Rój i Przybyłowski, 2012
Masło	6	MicroColor	Rohm i in., 1997
Ser	8	MicroColor	Rohm i Jaros, 1997
Film serwatkowy	10	Minolta model CR-300	Galus i Lenart, 2012

Barwa produktów mleczarskich uzależniona jest od ich składu i może ulec zmianie podczas obróbki technologicznej i podczas przechowywania. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu, jogurty i kefirzy charakteryzowały się większą jasnością (wzrost parametru L^*) i były bardziej żółte (wzrost parametru b^*) [Baranowska, 2009; Rój i Przybyłowski, 2012]. Analogiczne zmiany zachodziły podczas zwiększania zawartości suchej masy w kefirach [Baranowska, 2009]. Wpływ czasu i temperatury przechowywania na zmiany barwy mleka UHT badali Cais-Sokolińska i Pikul [2003]. Mleko o zawartości 2% tłuszczu, przechowywano w temperaturze 4, 8, i 20°C przez 24 tygodnie (168 dni). Już od czwartego tygodnia przechowywania stwierdzono większe wartości parametru b^* oraz nasycenia (C) w mleku przechowywanym w temperaturze 20°C - w porównaniu z pozostałymi próbami. Po 20 tygodniach zaobserwowano dodatkowo analogiczne zmiany między próbami przechowywanymi w 8 i 4°C. Odminną zależność otrzymali Popov-Raljić i in. [2008] badając mleko UHT (o zawartości tłuszczu 1,6% i 3,2%). Podczas 90 dni przechowywania zaobserwowano obniżenie wartości parametru L^* i b^* oraz wzrost parametru a^* . Cais-Sokolińska i in. [2009] badając zmiany barwy sera mozzarella podczas przechowywania zaobserwowali, że wraz ze wzrostem temperatury przechowywania czas istotnie wpływał na wzrost jasności (L^*) oraz zmniejszenie stopnia nasycenia barwy (C).

Wśród reakcje brązowienia nieenzymatycznego które wpływają na zmiany wyróżników i atrybutów barwy można wyróżnić: reakcję Maillarda, degradację kwasu askorbinowego, peroksydację lipidów i reakcję karmelizacji [Davies i Labuza, 1997].

Celem niniejszego artykułu było określenie minimalnej liczby pomiarów barwy wybranych artykułów mleczarskich, zbadanie statystycznych różnic między ustawieniem aparatu w pozycji SPIN i SPEX spektrofotometru x-Rite SP60.

Material i metody badań

Materiał do badań stanowiły: ser podpuszczkowy i masło. Procentowy skład produktów przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Skład procentowy analizowanych produktów mleczarskich

Rodzaj produktu/skład	Ser podpuszczkowy	Masło
tłuszcz	27	83
białko	26	0,7
węglowodany	1,2	0,7

Źródło: deklaracja producenta

Badane produkty posiadały wymiary 5x5x2cm (szerokość x długość i wysokość), temperatura badanych próbek wynosiła 8 °C. Oznaczono 5 współczynników barwy: L*, a*, b*, C, h w wariancie SPIN i SPEX. Posłużono się w tym celu spektrofotometrem x-Rite SP60. Ustawienia spektrofotometru przedstawiono w tabeli 3, kalibracji dokonano przy użyciu dołączonego do spektrofotometru wzorca kalibracyjnego bieli (L*=95,05, a*=-0,93, b*=0,02) i czerni (L*=0,21, a*=0,02, b*=0,14). Dla jednej próby dokonano 10 pomiarów.

Tabela 3. Dane techniczne spektrofotometru x-Rite SP60 podczas przeprowadzonych badań

Cecha	Rodzaj
Geometria pomiarowa	Oświetlenie dyfuzyjne/pomiar 8°
Otwór pomiarowy	8 mm
Znormalizowane źródło światła	D65
Obserwator	Znormalizowany 10°

Wyniki i dyskusja

Po dokonaniu pomiaru barwy następna część badania polegała na sprawdzeniu, czy próba wstępna jest wystarczająco liczna, aby możliwe było wnioskowanie na jej podstawie. Minimalna liczebność próby to taka liczebność próby, która zapewni wymaganą dokładność (precyzję oszacowania) przy danym poziomie wiarygodności (prawdopodobieństwa). W tym celu ustalono niezbędną liczebność próby wykorzystując formułę:

$$n \geq \frac{t_{\alpha}^2 \cdot \hat{s}^2(x)}{d^2}$$

Zakładamy, że próba losowa pobrana z populacji o rozkładzie $N(\mu, \sigma)$, gdzie σ jest nieznanym, a liczebność próby jest mała (do 120 elementów) [Aczel, 2000].

Jeżeli $n \leq n_0$ to próbę wstępną traktujemy jako właściwą. Jeżeli zaś $n > n_0$ to musimy próbę powiększyć o $n - n_0$.

gdzie:

t_α – wartość statystyki testu t Studenta dla założonego poziomu istotności α oraz stopni swobody $n-1$. Zmienna t ma rozkład t Studenta z $n-1$ stopniami swobody – liczba stopni swobody jest równa liczbie niezależnych obserwacji określających statystykę t (w tym przypadku jest równa $n-1$)

d – maksymalny błąd szacunku,

$$\hat{s}^2(x) - \text{nieobciążony estymator wariancji, przy czym } \hat{s}^2(x) = s^2(x) \cdot \frac{n_0}{n_0 - 1}.$$

W oparciu o próbę wstępną liczącą 10 obserwacji, wyznaczono średnią i odchylenie standardowe. Przyjęto poziom istotności na poziomie 0,05. Odczytana wartość statystyki t Studenta wynosiła 2,262. Maksymalny błąd szacunku przyjęto na poziomie 1 % oraz 2 % średniej wartości parametru. Wyniki przedstawia tabela 4.

Tabela 4. Niezbędna liczebność próby dla wybranych produktów

Parametr	Pomiar	Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności [%]	Niezbędna liczebność n	
					d = 2 %	d = 1 %
Ser podpuszczkowy dojrzewający						
L*	SPIN	77,223	0,530	0,686	1	3
	SPEX	77,172	0,586	0,759	1	4
a*	SPIN	8,305	0,095	1,144	2	8
	SPEX	8,247	0,091	1,100	2	7
b*	SPIN	32,003	0,929	2,901	12	48
	SPEX	32,159	0,935	2,908	13	49
C	SPIN	33,078	0,931	2,815	12	46
	SPEX	33,257	0,863	2,594	10	39
h	SPIN	75,459	0,384	0,508	1	2
	SPEX	75,555	0,371	0,491	1	2
Masło						
L*	SPIN	90,571	0,678	0,749	1	4
	SPEX	90,535	0,678	0,749	1	4
a*	SPIN	1,392	0,060	4,334	27	107
	SPEX	1,291	0,062	4,809	33	132
b*	SPIN	17,885	0,165	0,923	2	5
	SPEX	18,033	0,181	1,005	2	6
C	SPIN	17,938	0,165	0,919	2	5
	SPEX	18,099	0,214	1,182	2	8
h	SPIN	85,544	0,210	0,245	1	1
	SPEX	85,904	0,208	0,242	1	1

Źródło: wyniki badań i obliczenia własne

Jak łatwo zauważyć, przyjęty maksymalny błąd szacunku (d) ma dosyć istotny wpływ na wyznaczaną liczebność – im niższy założony maksymalny błąd szacunku, tym większa powinna być próba. Biorąc pod uwagę parametr L^* można stwierdzić, że wybrana próba jest wystarczająco liczna niezależnie od przyjętego maksymalnego błędu szacunku – próba powinna liczyć od 1 do 4 elementów. Tak niska liczebność próby wynika przede wszystkim z niewielkiego zróżnicowania próby (elementy nie różnią się zasadniczo). Również w przypadku parametru b^* próba w większości przypadków jest wystarczająco liczna, choć w przypadku sera podpuszczkowego dojrzewającego należałoby dołosować od 3 do 39 elementów (w zależności od przyjętego błędu d).

Kwestią problematyczną pojawia się w przypadku parametru a^* , zwłaszcza w odniesieniu do masła. Tak duża wielkość próby może wynikać przede wszystkim z niskich wartości poszczególnych parametrów a^* jakie otrzymano w próbie. Rząd dokładności pomiaru ma w tym przypadku kluczowe znaczenie, ponieważ może wpływać na tak duże przeszacowanie liczebności. Z pewnością należałoby wykonać więcej pomiarów niż liczy próba wstępna, jednak wykonanie ponad stu powtórzeń nie zmieni ogólnej prawidłowości.

Reasumując można stwierdzić, że przyjmując błąd na poziomie $d=2\%$ w przypadku sera podpuszczkowego dojrzewającego próba powinna liczyć ok. 13 elementów, a w przypadku masła ok. 33 elementy.

Trzecia część badania polegała na sprawdzeniu, czy istnieją istotne różnice pomiędzy wynikami przy ustawieniu spektrofotometru w pozycji SPIN i SPEX. W tym celu w oparciu o wcześniejsze wyniki, wyznaczono statystykę t (test dla dwóch średnich) oraz statystykę F (test na jednorodność wariancji). W celu sprawdzenia zgodności uzyskanych wartości mierzonych parametrów z rozkładem normalnym zastosowano test Shapiro-Wilka. W przypadku, gdyby wariancje nie byłyby jednorodne, należałoby zamiast testu t posłużyć się alternatywnym testem Cochran–Coxa [Gajek i Kaluszka, 2000].

Tabela 5. Test t-Studenta dla zmiennych niezależnych

Parametr	Test t		Test F	
	Statystyka t	Poziom p	Statystyka t	Poziom p
Ser podpuszczkowy dojrzewający				
L^*	0,204	0,840530	1,223	0,769374
a^*	1,396	0,179568	1,098	0,891707
b^*	-0,374	0,712545	1,015	0,983040
C	-0,446	0,660952	1,166	0,823123
h	-0,569	0,576510	1,069	0,922866
Masło				
L^*	0,119	0,906839	1,001	0,998380
a^*	3,689	0,001678*	1,059	0,933445
b^*	-1,909	0,072267	1,206	0,784484
C	-1,885	0,075699	1,683	0,450085
h	-3,854	0,001161*	1,020	0,976871

* - statystycznie istotne różnice przy danym p

Źródło: obliczenia własne (przy wykorzystaniu pakietu statystycznego Statistica 12).

W przypadku sera podpuszczkowego dojrzewającego nie uzyskano istotnych różnic pomiędzy parametrami wyznaczonymi przy wykorzystaniu metody SPIN i SPEX, zatem nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Oznacza to, że wyniki uzyskiwane przy wykorzystaniu pomiarów SPIN i SPEX nie odbiegają zasadniczo od siebie. W przypadku pomiarów wykonanych na maśle, uzyskano różnice w przeciętnych wartościach parametru a^* oraz h .

Należy jednak pamiętać, że zestawienie wyników obserwacji w pary zapewni eksperymentowi większą precyzję, wyeliminuje wiele przypadkowej zmienności i pozwoli ustalić, że nie ma różnic pomiędzy poszczególnymi badaniami. Aby porównać poszczególne wyniki uzyskane metodą SPIN i SPEX wykorzystano test t-Studenta dla zmiennych powiązanych (zależnych), który koncentruje się na uzyskanych różnicach między dwoma badaniami. Niezbędnym założeniem do korzystania z testu t jest przyjęcie, że rozkład populacji różnic jest normalny [Aczel, 2000]. Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Test t-Studenta dla zmiennych zależnych

Parametr	Różnice	Odchylenie standardowe różnic	Statystyka t	Poziom p
Ser podpuszczkowy dojrzewający				
L*	0,051	0,0841	1,917	0,087455
a*	0,058	0,0220	8,333	0,000016*
b*	-0,156	0,0548	-9,000	0,000009*
C	-0,179	0,7209	-0,785	0,452504
h	-0,096	0,3197	-0,950	0,367121
Masło				
L*	0,036	0,0341	3,343	0,008626*
a*	0,101	0,0120	26,678	0,000000*
b*	-0,148	0,0210	-22,312	0,000000*
C	-0,161	0,0689	-7,392	0,000041*
h	-0,360	0,0249	-45,638	0,000000*

* - statystycznie istotne różnice przy danym p

Źródło: obliczenia własne (przy wykorzystaniu pakietu statystycznego Statistica 12).

W przypadku przyjęcia założenia, że badania wykonane przy ustawieniu SPIN i SPEX stanowią próby zależne można zauważyć, że wyniki uzyskane dla masła zasadniczo różnią się od siebie, co oznacza, że badania wykonane w pozycji SPIN i SPEX dają odmienne rezultaty, zatem zasadne jest wykonywanie obu typów pomiarów. W przypadku sera podpuszczkowego dojrzewającego istotne różnice zanotowano tylko dla parametrów: a^* oraz b^* .

Wnioski

1. Przyjmując błąd na poziomie $d=2\%$ w przypadku sera podpuszczkowego dojrzewającego próba powinna liczyć ok. 13 elementów, a w przypadku masła ok. 33 elementy.
2. Pomiary wykonane w pozycji SPIN i SPEX dają odmienne rezultaty, zatem zasadne jest wykonywanie pomiarów w obu ustawieniach spektrofotometru.

Literatura

Aczel A. D., Statystyka w zarządzaniu, Wydawnictwo Naukowe PWN, Wydanie 1, Warszawa, 2000.

Baranowska M., Właściwości fizykochemiczne kefiru i biokefiru. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2009, 48(2), 18-20.

Biller E., Ekielski A., Zaremba R., An attempt to developing methodology of colour determination for selected products. Agricultural Engineering, 2005, 11, 37-44.

Cais-Sokolińska D, Pikul J., Charakterystyka barwy mleka sterylizowanego UHT przechowywanego w różnych warunkach temperaturowych. Chłodnictwo, 2003, 38 (10), 32-35.

Cais-Sokolińska D., Danków R., Pikul J., Stabilność i jakość barwy sera mozzarella w trakcie przechowywania. Nauka. Przyroda. Technologie. 2009, 3 (4), 1-7.

Chen S., Bin L.V., Xuezhu D.U., Chen F., Pigment from red fermented rice as colouring agent for stirred skimmed milk yoghurts. International Journal of Dairy Technology, 2012, 65 (2), 287-292.

Chudy S., Development of coffee market and changes in coffee consumption among Poles. Journal of Agribusiness and Rural Development, 2014, 4 (34), 41-51.

Chudy S., Pikul J. Rudzińska M., Makowska A., the effect of storage on physicochemical properties of spray - dried milk, egg and milk- egg mixture. Acta Agrophysica, 2015, 22 (1), 17-26.

Davies C.G.A., Labuza T.P., The Maillard reaction: application to confectionery products. Confectionery science. Pennsylvania: Penn State Univ. Press. 1997, 35-66.

Dmowski P., Platta A., Konsumencka ocena atrakcyjności sensorycznej napojów mlecznych z dodatkiem ekstraktu kawy. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 2012, 73, 34-42.

El-Nimr A.A., Eissa H.A., El-Abd M.M., Mehriz A.A., Abbas H.M., Bayoumi H.M., Water Activity, Color Characteristics and Sensory Properties of Egyptian Gouda during Ripening. Journal of American Science, 2010, 6 (10), 446-453.

Fraser B., Murphy Ch., Bunting F., Profesjonalne zarządzanie barwą, Helion, 2012 (Tytuł oryginału: Real world color Managment, 2nd edition, 2004).

Gajek L., Kaluszka M, Wnioskowanie statystyczne, Modele i metody, Wydanie 4, Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000.

Galus S., Lenart A., Wpływ emulsji tłuszczowej na właściwości optyczne filmów serwatkowych. *Acta Agrophysica*, 2012, 19 (1), 29-36.

<http://www.eurotom.pl/produkty.php?ProductID=65&MID=0>

https://www.byk.com/fileadmin/BYK/downloads/support-downloads/instruments/theory/color/en/Intro_Solid_Color.pdf

<https://sites.google.com/site/malscolourscience/whiteness-index>

Hunter R. S., Harold R., The measurement of appearance, 2nd ed. Wiley, New York, 1987.

Jaglarz J., Wrażenie barwne – jak je mierzyć?, 2005 [<http://www2.if.uj.edu.pl>].

Klepacka M., Kolorymetria trójkromatyczna. W: Klepacka M. (red), *Analiza Żywności*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 2003, 153.

Medeiros E.J.L., Queiroga R.C.R.E, Medeiros A.N., Bomfim M.A.D., Batista A.S.M., Félex S.S.S, Madruga M.S., Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the semiarid region of Brazil. *Small Ruminant Research*, 2013, 113(1), 211-218.

Mielicki J., *Zarys wiadomości o barwie*, Fundacja Rozwoju Polskiej kolorystyki, Łódź, 1997.

Popov-Raljić J.V., Lakić N.S., Lalić-Petronijević J.G., Brać M.B., Sikimić V.M., Color Changes of UHT Milk During Storage. *Sensors*, 2008, 8, 5961-5974.

Rohm H., Jaros D., Colour of hard cheese. Factors of influence and relation to compositional parameters. *Z Lebensm Unter Forsch A*, 1997, 204, 259-264.

Rohm H., Strobl M., Jaros D., Butter colour affects sensory perception of spreadability. *Z Lebensm Unter Forsch A*, 1997, 205, 108-110.

Rożnowski J., Ocena barwy produktów spożywczych. *Laboratorium*, 2006, 5, 36-44.

Rożnowski J., Spektrofotometria UV/VIS w analizie żywności. *Laboratorium*, 2005, 3, 32-36.

Rój A., Przybyłowski P., Ocena barwy jogurtów naturalnych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, 45 (3), 813-816.

Steinka I., Skok E., Szybka metoda identyfikacji i oceny jakości produktów mlecznych z dodatkami smakowymi. *Przegląd Mleczarski*, 2013, 2, 18-24.

Tarrega A., Costell E., Colour and consistency of semi – solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements. *Journal of Food Engineering*, 2007, 78, 665-661.

Zapotoczny P., Zielińska M., Rozważania nad metodyką instrumentalnego pomiaru barwy marchwi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 1 (42), 121-132.

BEATA MIKOŁAJCZAK, EWA IWAŃSKA, BOŻENA GRZEŚ, EDWARD POSPIECH
Instytut Technologii Mięsa
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
e-mail: bemik24@up.poznan.pl

ZMIANY UDZIAŁU WYBRANYCH BIAŁEK MIĘSA WIEPRZOWEGO WYCHŁADZANEGO ZE ZRÓŻNICOWANĄ SZYBKościĄ

Streszczenie

Przedmiotem pracy było określenie zmian udziału wybranych białek mięśniowych i wodochłonności mięsa w zależności od szybkości procesu wychładzania. Materiał badawczy stanowił mięsień najdłuższy grzbietu z 5 tusz wieprzowych. Proces schładzania odbywał się ze zróżnicowaną prędkością: A - 0,12 °C/min, B - 0,15 °C/min, C - 0,27 °C/min, w standardowych warunkach chłodni. Zmiany udziału białek obserwowano za pomocą elektroforezy jednokierunkowej na żelach poliakrylamidowych po 45 minutach, 24 h i 144 h przechowywania. Wodochłonność wyznaczono na podstawie wielkości wycieku wirówkowego. Na wodochłonność istotnie wpłynęły zarówno szybkość procesu wychładzania jak również czas przechowywania. Najlepszą wodochłonnością charakteryzowało się mięso prób B - 19,34% po 24 h i 13,95% po 144 h. W drugim terminie analiz udział białek o masie 42 kDa istotnie różnicował mięśnie C (15,06%) w porównaniu do mięsa prób A - 17,48% i B - 18,06%. Stwierdzono, że wraz z wydłużeniem czasu przechowywania udział pasma o masie 38-36 kDa ulegał zmniejszeniu. Po 144 h jego wielkość istotnie różnicowała próby kontrolne (4,89%) w porównaniu do mięśni B (3,57%). W terminie tym, stwierdzono również dodatnią korelację $r = 0,58$; $p \leq 0,05$, pomiędzy udziałem pasma o masie 38-36 kDa a wodochłonnością mięsa.

Słowa kluczowe: białka, elektroforeza (PAGE-SDS), mięso, wodochłonność, wychładzanie

Wprowadzenie

Białka mięśniowe aktywnie uczestniczą w procesie konwersji mięśni w mięso. Szybkość i zakres ich przemian może wpływać na wodochłonność mięsa. Pozyskiwanie surowca mięsnego wymaga stosowania wychładzania poubojowego tusz, niezbędnego zabiegu utrwalającego. Proces wychładzania istotnie oddziałuje na tempo zmian zachodzących podczas dojrzewania mięsa, szczególnie na przebieg spadku wartości pH (Zybert i in., 2013) a także spowolnienie przemian enzymatycznych, w tym proteolizy białek (Bowker i in., 2014). Podczas dojrzewania mięsa następuje kształtowanie jego właściwości istotnych zarówno dla producentów jak również konsumentów, są one odzwierciedleniem zmian jakim ulegają białka mięśniowe (Pospiech i in., 2003a). Zastosowanie optymalnie szybkiego wychładzania, które nie spowoduje wystąpienia skurczu chłodniczego jak również zwiększonych strat soku mięśniowego, zapewnia dobrą jakość mięsa przeznaczonego na cele kulinarne (Honikel, 2004).

Celem pracy było określenie zmian udziału wybranych białek mięśniowych i wodochłonności mięsa wychładzanego ze zróżnicowaną szybkością.

Material i metody badań

Materiał badawczy stanowił mięsień najdłuższy grzbietu *longissimus dorsi* pochodzący z 5 tusz wieprzowych, pozyskanych w standardowych warunkach rzeźni. Proces wychładzania odbywał się ze zróżnicowaną prędkością: A - 0,12°C/min, B - 0,15°C/min, C - 0,27°C/min.

Pomiaru stężenia jonów wodorowych w tkance mięśniowej dokonano za pomocą pH-metru przenośnego typu Handylab 2 wyposażonego w elektrodę zespoloną typu Schott L68880 (PN-ISO 2917, 2001). W próbach kontrolnych (A) wartości pH₁ (45 min. po uboju) oznaczono w mięśniu najdłuższym klatki piersiowej na wysokości ostatniego kręgu piersiowego, w lewej półtuszy. W przypadku wszystkich pobranych prób po 24 h i 144 h pomiar pH wykonano bezpośrednio w wykrojonych mięśniach.

Wodochłonność mięsa wyznaczono na podstawie wielkości wycieku wirówkowego [Honikel, 1989]. Pozyskano go w wyniku wirowania 6 g rozdrobnionej tkanki mięśniowej na wirówce typu Sigma 3K30 przy prędkości 15000 g przez 20 min., w temp. 2°C. Oznaczenie wykonano po 24 i 144 godzinach dojrzewania mięsa w warunkach chłodniczych.

Badania w niniejszej pracy koncentrowały się na białkach tkanki mięśniowej. W kolejnych terminach analiz próbki 2 mg mięsa rozpuszczano w buforze i ogrzewano przez 3 min, w temperaturze 100°C zgodnie z procedurą podaną przez Fritza i Greasera (1991). Zawartość białka w próbce oznaczono przy wykorzystaniu 2-D Quant Kit (GE Healthcare Bio-Sciences). Analizę elektroforetyczną wykonano w układzie pionowym, na aparacie firmy Hoefer Scientific Instruments typ SE 250 [Pospiech i in., 2003b]. Separację białek przeprowadzono w 15% żelu poliakrylamidowym z SDS i dodatkiem 8M mocznika [Pospiech i in., 2000a]. Masy cząsteczkowe pasm białek wyznaczono na podstawie rozdziału standardu oraz danych literaturowych. Zastosowano standard Page Ruler Plus Protein Lader (Thermo Scientific) zawierający mieszaninę białek w zakresie mas cząsteczkowych od 15 do 250 kDa. Obraz elektroforetycznego rozdziału białek w żelu skanowano wykorzystując program Image Master® VDS firmy Pharmacia Biotech. Do analizy komputerowej udziału poszczególnych pasm białek tkanki mięśniowej wykorzystano oprogramowanie Image Master® 1D Elite v. 4.0. Do obliczeń przyjęto założenie, że powierzchnia pojedynczego pasma białek w żelu stanowi procentowy udział w stosunku do powierzchni wszystkich rozdzielonych białek na danej ścieżce, która wynosi 100%.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, wykorzystując program Statistica 10.0 PL [Stanisz, 2007]. Zastosowano jedno i dwu czynnikową analizę wariancji (ANOVA) podając wartości średnie i odchylenie standardowe. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi weryfikowano za pomocą testu Tukey'a na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Wykorzystując analizę korelacji liniowej określono zależności pomiędzy udziałem pasm białek, a wybranymi cechami charakteryzującymi właściwości mięsa.

Wyniki i dyskusja

Przebieg zmian wartości pH przedstawiono w tabeli 1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że czas przechowywania mięsa istotnie wpłynął na wartość pH wszystkich badanych mięśni niezależnie od zastosowanej metody wychładzania. Wartość pH wszystkich prób w czasie przechowywania chłodniczego

zmniejszała się. Obniżenie wartości pH następowało najintensywniej w ciągu pierwszych 24 godzin po uboju.

Tabela 1. Zmiany wartości pH tkanki mięśniowej mięsa wychładzanego ze zróżnicowaną szybkością

Czas	Wariant wychładzania		
	A	B	C
	pH		
45 min	6,54 ^d ±0,16	6,54 ^d ±0,16	6,54 ^d ±0,16
2 h	6,30 ^{cB} ±0,15	5,98 ^{aC} ±0,36	6,07 ^{cAB} ±0,28
24h	5,66 ^b ±0,13	5,66 ^b ±0,11	5,68 ^b ±0,18
48 h	5,47 ^{aA} ±0,13	5,53 ^{abAB} ±0,15	5,64 ^{bB} ±0,16
144 h	5,49 ^a ±0,15	5,45 ^a ±0,17	5,43 ^a ±0,16

*a – wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem czasu

**A – wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem sposobu wychładzania

W tym czasie nastąpił spadek wartości pH_1 z 6,54 (45') do wartości średniej 5,67 (24 h). W kolejnych terminach średnie wartości pH dla poszczególnych grup prób były zawarte w przedziale 5,53 ÷ 5,64 (tab. 1). Zaobserwowano istotne różnice w szybkości zmian poubojowych w okresie pierwszych 2 godzin *post mortem* (pm). W tym terminie oczekiwanym rezultatem mogło być wolniejsze tempo glikolizy, którego wskaźnikiem jest większa wartość pH w mięśniach szybciej wychładzanych [Wal i in., 1995; Savell i in., 2005; Zybert i in., 2013]. Ponadto poprzez spowolnienie tempa spadku wartości pH zmniejsza się stopień denaturacji mioglobiny i innych białek oraz można obserwować polepszenie barwy mięsa i jego WHC (Huff-Loneragan i in., 2005). Jednak uzyskane wyniki wskazują, że najmniejszy spadek wartości pH wystąpił w mięsie A wychładzanym najwolniej. Najszybsze zakwaszenie obserwowano w mięsie wychładzanym z szybkością 0,15°C/min (wariant B). Prawdopodobną przyczyną tego zjawiska mogło być zróżnicowanie we właściwościach morfologicznych mięśni związane z typem występujących włókien mięśniowych. Późniejsze zmiany związane z postępującym zakwaszeniem wskazują, że ostatecznie różnice między mięśniami wychładzanymi ze zróżnicowaną prędkością były niewielkie i nieistotne statystycznie. Na podstawie uzyskanych wartości pH w terminie 45' (pH_1) i 24 h (pH_2), stwierdzono, że badane mięso charakteryzowało się normalną jakością (RFN). Powyższe wskazuje na prawidłowy przebieg procesu glikolizy w mięśniach wychładzanych ze zróżnicowaną szybkością w standardowych warunkach rzeźni [Wal i in., 1995; Pospiech, 2000b; Sieczkowska i in., 2013].

Na podstawie ilości uzyskanego wycieku wirówkowego określono wodochłonność mięsa (tab. 2). Analizując uzyskane wyniki stwierdzono istotny wpływ czasu oraz szybkości wychładzania na wielkość wycieku wirówkowego.

Tabela 2. Zmiany wodochłonności mięsa wychładzanego ze zróżnicowaną szybkością

Wariant wychładzania	Wielkość wycieku wirówkowego [%]	
	24 h	144 h
A	20,48 ^{aABC} ± 2,1	16,28 ^{bAB} ± 1,55
B	19,34 ^{aAB} ± 2,38	13,95 ^{bA} ± 2,12
C	23,81 ^{aBC} ± 1,57	14,25 ^{bA} ± 1,87

^{a-a} - wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem czasu

^{**A} - wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem sposobu wychładzania

^{***A} - wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem czasu i sposobu chłodzenia

Wraz z wydłużeniem czasu przechowywania w mięsie świn zaobserwowano zmniejszenie wielkości pozyskanego wycieku. Największą jego ilość we wszystkich próbach stwierdzono po 24 h. Ponadto w terminie 24 h stwierdzono istotny wpływ szybkości wychładzania mięsa na wielkość wycieku wirówkowego. Próby B charakteryzowały się istotnie lepszą wodochłonnością (19,34%) w porównaniu do mięśni C (23,81%) schładzanych najszybciej, pomimo niewielkich różnic wartości pH w analizowanym terminie.

Mięso po 144 h przechowywania charakteryzowało się lepszą wodochłonnością. Mniejsze wielkości wycieku wirówkowego odnotowano w próbach wychładzanych szybciej B (13,95 %) i C (14,25 %) w porównaniu do mięśni A (16,28 %) schładzanych z prędkością 0,12°C/min (próba kontrolna). Różnice te nie były jednak istotne statystycznie.

Powyższe wskazuje, że wychładzanie ze zróżnicowaną prędkością wpływa na wodochłonność mięsa ocenianą 24 h po uboju, a więc bezpośrednio po zakończeniu tego procesu. Uzyskane wyniki sugerują, że największy wyciek wynikał prawdopodobnie ze zmian strukturalnych mięśni, które mogły być efektem zjawiska skurczu chłodniczego mięśni, mimo że w zasadzie o nim wspomina się głównie w przypadku mięśni czerwonych pochodzących z bydła i owiec.

Pomiary wodochłonności w drugim terminie analiz wskazują jednak, że w czasie przechowywania chłodniczego efekt ten został zniwelowany i co najważniejsze mięśnie wychładzane najszybciej wykazały najlepszą wodochłonność. Wyjaśnienie obserwowanej zależności można wiązać z otwarciem struktury białek, zjawiska jakie zwykle występuje podczas procesu poubojowego dojrzewania mięsa. Wodochłonność ściśle wiąże się ze strukturą tkanki mięśniowej oraz przemianami białek miofibrylarnych. W wyniku degradacji białek cytoszkieletowych następuje rozluźnienie struktur cytoszkieletu włókien mięśniowych oraz miofilamentów uczestniczących w procesie skurczu, co wpływa na poprawę zdolności wiązania wody [Taylor i in., 1995; Kristensen i Purslow, 2001].

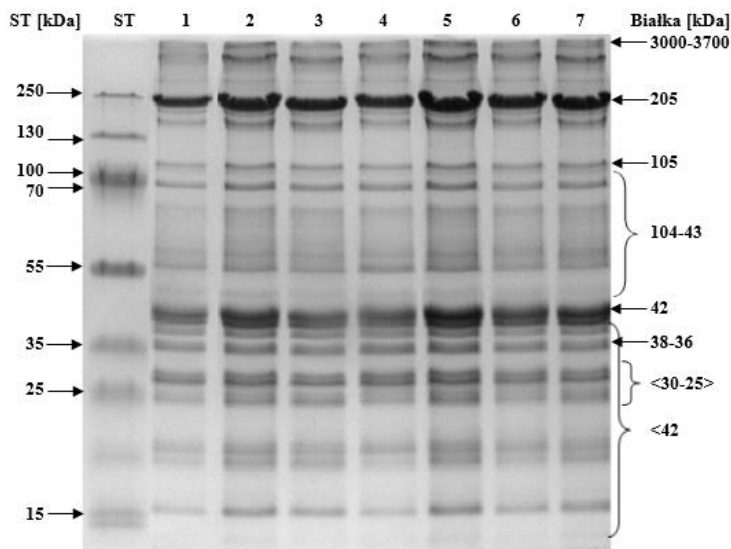
Wykorzystując technikę elektroforezy jednokierunkowej rozdzielono białka mięsa wychładzanego ze zróżnicowaną prędkością i określono udział procentowy wybranych pasm (tab. 3).

Przykładowy rozdział elektroforetyczny białek tkanki mięśniowej na żelu poliakrylamidowym obrazuje rysunek 1. Na żelu zaznaczono masy cząsteczkowe zastosowanego standardu jak również umiejscowienie białek opisywanych w literaturze:

titiny (3000-3700 kDa), miozyny (205 kDa), α -aktyniny (105 kDa), aktyny (42 kDa), troponiny-T (Tn-T) 38-36 kDa oraz analizowane przedziały mas cząsteczkowych białek. Udział procentowy titiny, głównego białka cytoszkieletu, o masie 3000-3700 kDa kształtował się na poziomie od 5,71% do 6,30%, odpowiednio w próbach C 24 h i C 144 h (tab. 3).

Analiza udziału pasma białek o masie 205 kDa, w którego skład wchodziła najprawdopodobniej głównie miozyna, w próbach B wykazała istotne oddziaływanie czasu przechowywania. Wielkość tego pasma zmniejszała się istotnie wraz z wydłużeniem tego czasu z 18,09% po 24 h do 15,89% w drugim terminie badań.

W przypadku pasma o masie 105 kDa, które odpowiada przede wszystkim α -aktynie odgrywającej ważną rolę w procesie proteolizy, pomagając w utrzymaniu struktury cytoszkieletu stwierdzono, że ulegało ono degradacji, lecz nie była ona znacząca. Podobnie jak inni autorzy Iwanowska i in., (2011), nie stwierdzono zmian jego ilości w zależności od szybkości wychładzania oraz czasu składowania. Odnotowano jego udział w przedziale od 6,06% do 6,79% (tab. 3, rys. 1).



Rysunek 1. Rozdział elektroforetyczny białek mięsa schładzanego ze zróżnicowaną prędkością

Pasma: ST – standard, 1 - A 45°, 2 - A 24 h, 3 - A 144 h, 4 - B 24 h, 5 - B 144 h, 6 - C 24 h, 7 - C 144 h

Udział aktyny, białka o masie 42 kDa, istotnie wzrastał podczas przechowywania chłodniczego mięśni B. W terminie 24 h oraz 144 h zaobserwowano odpowiednio wielkości 16,16% i 18,06%. W drugim terminie badań wykazano istotnie mniejszy udział tego pasma w próbach C (15,06%) w porównaniu do mięsa prób A – 17,48% i B – 18,06%.

Stwierdzono, że pasma charakteryzujące się masą cząsteczkową w przedziale 104-43 kDa, istotnie różnicowały próby kontrolne i wychładzane z szybkością 0,27°C/min.

W obu analizowanych terminach próby A cechował istotnie mniejszy (9,90%) udział tych pasm po 24 godzinach oraz po 6 dniach (10,2%) w porównaniu do wartości obserwowanych dla prób B, odpowiednio 11,70% i 11,53% (tab. 3, rys.1).

Na zmiany udziału pasma białek o masie 38-36 kDa wpływał zarówno czas jak również prędkość wychładzania mięśni. Wykazano, że wraz z wydłużeniem okresu przechowywania mięsa udział pasma 38-36 kDa ulegał zmniejszeniu szczególnie w mięsie wychładzanym najszybciej (tab. 3, rys.1). Na podstawie analizy korelacji dla wszystkich prób badanych po 144 h wykazano istotną dodatnią zależność $r = 0,58$; $p \leq 0,05$, pomiędzy udziałem pasma o masie 38-36 kDa a wodochłonnością mięsa, w tym terminie.

Obserwowane w miarę postępującego procesu dojrzewania zmniejszenie udziału tego pasma mogło być związane z degradacją Tn-T. Ponieważ obraz białek mięsa żelu może wynikać ze wzajemnego nałożenia się pasm białek miofibryli i sarkoplazmy (Pospiech 1990, Huff-Lonergan i in., 2010), a niekiedy produkty rozpadu innych białek mają masę cząsteczkową zbliżoną do Tn-T (Szalata, 2003), stąd też bez dokonania identyfikacji tego białka z wykorzystaniem immunoblottingu lub spektrometrii mas, niemożliwe jest jednoznaczne potwierdzenie tego zjawiska. Obserwacją wskazującą, na związek zmniejszenia się udziału pasma białek o masie 36-38 kDa z degradacją proteolityczną Tn-T jest najprawdopodobniej zwiększenie udziału białek o masie 25-30 kDa, które zgodnie z danymi literaturowymi (Ho i in., 1994, Ho i in., 1997; Bowker i in., 2014) obejmują głównie produkty rozpadu Tn-T. Ponadto Muroya i in. (2010) sugerują, że każda z izoform Tn-T ulega degradacji do specyficznego fragmentu zależnego od metabolizmu mięśni.

Wnioski

1. Na wielkość wycieku wirówkowego istotnie wpłynęły zarówno szybkość procesu wychładzania jak również czas przechowywania. W obu terminach analiz najlepszą wodochłonnością charakteryzowało się mięso prób B - 19,34% po 24 h i 13,95% po 6 dniach schładzanych z prędkością 0,15°C/min.
2. W ostatnim terminie analiz udział białek o masie 42 kDa istotnie różnicował mięśnie wychładzane najszybciej C - 15,06% w porównaniu do pozostałych prób A - 17,48% i B - 18,06%.
3. Największe zmniejszenie udziału pasma 38-36 kDa wraz z wydłużeniem okresu przechowywania wykazano w mięśniach wychładzanych najszybciej. Po 144 godzinach jego ilość istotnie różnicowała próby kontrolne A (4,89%) w porównaniu do mięśni B (3,57%). W terminie tym, stwierdzono również dodatnią korelację $r = 0,58$; $p \leq 0,05$, pomiędzy udziałem pasma o masie 38-36 kDa a wodochłonnością mięsa.

WSPÓLCZESNE TRENDY W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI ŻYWNOSCI

Tabela 3. Zmiany udziału wybranych białek tkanki mięśniowej rozdzielonych na żelach 15 %

Wariant	3000-3700 kDa	205 kDa	105 kDa	<104-43> kDa	42 kDa	38-36 kDa	<30-25> kDa	<42 kDa
45 min.								
A	6,00±1,85	16,88±2,38	6,32±0,89	10,00±1,54	17,20±1,41	4,62±1,10	6,29±0,99	40,70±3,25
24 godziny								
A	5,74±1,85	17,02±1,72	6,71±0,63	9,90±1,74 ^{AA***}	16,08±1,57 ^{AB}	5,55±1,98 ^B	6,46±1,37	41,50±3,17
B	5,77±1,51	18,09±2,78 ^{a*}	6,51±0,78	11,70±1,50 ^{BAB}	16,16±1,65 ^{ABa}	4,07±1,09 ^{AB}	5,92±1,00	38,53±4,32
C	5,71±1,08	15,86±2,69	6,69±0,57	10,98±1,7 ^{ABA}	16,43±1,74 ^{AB}	4,89±1,43 ^{AB}	6,11±0,95	41,44±2,96
144 godziny								
A	5,88±1,57	16,59±2,15	6,69±1,10	10,2±1,88 ^{AB}	17,48±1,42 ^{ABA}	4,66±0,62 ^{B**AB}	5,82±1,48	40,10±2,81
B	5,77±2,65	15,89±1,36 ^b	6,06±0,59	11,53±0,5 ^{BAB}	18,06±1,36 ^{ABb}	3,57±1,22 ^{AA}	6,39±1,31	39,77±3,67
C	6,30±1,69	16,84±2,42	6,79±0,72	10,59±1,08 ^{ABAB}	15,06±1,85 ^{BB}	3,93±1,06 ^{ABA}	6,01±1,26	41,44±4,13

*a – wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem czasu

**A - wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem sposobu wychładzania

***A - wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) względem czasu i sposobu chłodzenia

Literatura

Bowker B. C., Zhuang H., Buhr R. J., Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets, *LWT - Food Science and Technology* 2014, 59, 156-162.

Ho Ch.Y., Stromer M.H., Robson R.M., Identification of the 30 kDa polypeptide in post mortem skeletal muscle as a degradation product of troponin-T, *Biochimie*, 1994, 76, 369-375

Ho Ch.Y., Stromer M.H., Rouse G., Robson R. M., Effects of electrical stimulation and postmortem storage on changes in titin, nebulin, desmin, troponin-T, and muscle ultrastructure in *Bos indicus* crossbred cattle, *Journal of Animal Science*, 1997, 75, 366-376.

Honikel K. O., Critical evaluation of methods detecting water-holding capacity in meat. Accelerated processing of meat. Editor Romita A., Valin C., Taylor A. A., Elsevier App. Sci. Publ. Ltd., 1987, 225 – 239.

Huff-Lonergan E., Lonergan S.M., Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of post mortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 2005, 71, 194–204.

Huff-Lonergan E., Zhang W., Lonergan S., Biochemistry of postmortem muscle - lessons on mechanisms of meat tenderization *Meat Science* 2010, 86, 184-195

Iwanowska A., Grześ B., Mikołajczak B., Iwańska E., Rosochacki S., Juszczuk-Kubiak E., Pospiech E., Impact of polymorphism of the regulatory subunit of the μ -calpain (CAPN1S) on the proteolysis process and meat tenderness of young cattle, *Molecular Biology Reports*, 2011, 38, 1295-1300.

Kristensen L., Purslow P., The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Science*, 2001, 58, 17-23.

Muroya S., Ertbjerg P., Pomponio L., Christensen M., Desmin and troponin T are degraded faster in type IIb muscle fibers than in type I fibers during postmortem aging of porcine muscle, *Meat Science* 2010, 86, 764-769.

Pospiech E., Greaser M., Mikołajczak B., Szalata M., Łyczyński A., Degradation and release of titin in pork muscles. Proc. 46th ICoMST, Buenos Aires, Argentina, 2000a, 4.I-P1, 426-427.

Pospiech E., Diagnozowanie odchyleń jakościowych mięsa. *Gospodarka Mięsna*, 2000b, 52 (4), 68-71.

Pospiech E., Zmiany termiczne białek i ich wpływ na zdolność wiązania wody przez tkankę mięśniową. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe* 1990, Z. 208.

Pospiech E., Grześ B., Łyczyński A., Borzuta K., Szalata M., Mikołajczak B., Muscle proteins and their changes in the process of meat tenderization. *Animal Science Papers and Reports*, 2003a, 21, Supl. 1, 133-151.

Pospiech E., Peltre G., Greaser M.L., Mikołajczak B.: Metody pomiarów i kontroli jakości w przemyśle spożywczym i biotechnologii. Część 2. Metody rozdzielania. A. Elektroforeza.

Podstawy teoretyczne oraz wybrane przykłady rozdziałów elektroforetycznych. Praca zbiorowa pod redakcją M. Jankiewicza i Z. Kędziora. Wyd. A. R. im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań, 2003b, 157 – 193.

Rees M., Trout G., Warner R., Tenderness of pork *m. longissimus thoracis at lumborum* after accelerated boning. Part II. Effect of post-slaughter ageing. *Meat Science*, 2002, 61, 215-224.

Savell J.W., Mueller S.L., Baird B.E., The chilling of carcasses. *Meat Science*, 2005, 70, 449–459.

Sieczkowska H., Antosik K., Krzęcio-Nieczyporuk E., Zybert A., Koćwin-Podsiadła M. Przydatność wybranych parametrów oznaczanych 45 post mortem w mięśni *Longissimus lumborum* do oceny jakości wieprzowiny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 2 (87), 51-60.

Stanisz A. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica Pl na przykładach z medycyny. StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków 2007.

Szalata M., Określenie zależności między aktywnością enzymów proteolitycznych a kruchością mięsa świń o zróżnicowanej mięsności. Praca doktorska. Akademia Rolnicza w Poznaniu, 2003.

Van der Wal P.G., Engel B., van Beek G., Veerkamp C.H., Chilling pig carcasses: Effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Science*, 1995, 2 (40), 193-202.

Zybert A., Sieczkowska H., Antosik K., Adamczyk E., Krzęcio - Nieczyporuk E., Adamczyk G., Koćwin-Podsiadła M., Relationship between glycolytic potential and meat quality of Duroc pigs with consideration of carcass chilling system., *Annals of Animal Science*, 2013, 13, 645–654.

MIROŚŁAWA KRZYWDZINSKA-BARTKOWIAK¹, MICHAŁ PIĄTEK¹,
MAŁGORZATA GUMIENNA², RYSZARD KOWALSKI¹,
MAGDALENA MONTOWSKA¹, SYLWIA CHUDY³

¹*Instytut Technologii Mięsa*

Wydział Nauk o Żywności i Żywienia

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

mkb@up.poznan.pl

²*Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego*

Wydział Nauk o Żywności i Żywienia

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³*Katedra Technologii Mleczarstwa*

Wydział Nauk o Żywności i Żywienia

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

JAKOŚĆ SENSORYCZNA KIELBASY TYPU PARÓWKOWA Z UDZIAŁEM SUSZONEGO BOBU FERMENTOWANEGO

Streszczenie

W prezentowanej pracy zamieszczono wyniki badań farszów wędlin drobno rozdrobnionych typu parówkowa, w których dokonano częściowej wymiany tłuszczu suszonym bobem fermentowanym w ilości 20, 40 i 60%. Wymiana tłuszczu bobem fermentowanym w wyprodukowanych wędlinach miała swój wyraz w uzyskanych wynikach analizy składu podstawowego. Wraz ze wzrostem stopnia wymiany tłuszczu bobem jego ilość ulegała zmniejszeniu. Natomiast zawartość wody wzrastała. Substytucja tłuszczu suszonym bobem fermentowanym w ilości 20% nie miała statystycznie istotnego wpływu na pogorszenie jakości sensorycznej, tak jak to miało miejsce w przypadku wariantów z 40% i 60% wymianą tłuszczu bobem.

Słowa kluczowe: bób fermentowany, tłuszcz, ocena sensoryczna, wędliny drobno rozdrobnione

Wprowadzenie

Wyroby drobno rozdrobnione typu parówkowa od zawsze cieszyły się popularnością i nadal są jedną z najczęściej wybieranych przez konsumentów grup wędlin drobno rozdrobnionych w Polsce [Olszewski, 2009]. Specyficzna konsystencja i charakterystyczny smak powodują, że parówki są najczęściej spożywane przez dzieci, ale także młodzież, dorosłych i osoby starsze. Według badań preferencji organoleptycznej są one najbardziej akceptowalne ze względu na rozdrobnienie oraz miękką i elastyczną konsystencję. Silne przyzwyczajanie konsumentów do produktów popularnych i tradycyjnych nie zmniejsza zainteresowania tym asortymentem [Makała, 2012].

Tłuszcz odgrywa bardzo ważną rolę w diecie, gdyż jest prekursorem niezbędnych kwasów tłuszczowych, witamin oraz innych substancji odżywczych. Niestety zbyt wysoka zawartość tłuszczu w diecie może nieść za sobą negatywne skutki, którymi są nadwaga oraz

otyłość [Ziemiański, 1998], a także choroby układu krwionośnego, takie jak miażdżyca, nadciśnienie tętnicze, czy choroby niedokrwienne serca [Gawęcki i Hryniewski, 2003]. Jednak rosnąca świadomość konsumentów na temat prawidłowego odżywiania, powoduje, że sięgają oni po produkty o obniżonej wartości energetycznej, w tym zmniejszonej zawartości tłuszczu [Piotrowska i in., 2005]. Coraz większa rzesza konsumentów ma świadomość jak tłuszcz zwierzęcy, w tym również nasycone kwasy tłuszczowe wpływają na zdrowie oraz jakie konsekwencje może nieść za sobą jego nadmierne spożycie [Piotrowska i in., 2007]. Wzrost świadomości konsumentów na temat zdrowego odżywiania i prowadzenia zdrowego trybu życia, spowodowały chęć zmniejszenia podaży tłuszczu w diecie, co przyczyniło się do zainteresowania produktami o obniżonej zawartości tłuszczu. Na podstawie badań obejmujących szereg wędlin drobno rozdrobnionych i homogenizowanych, zwłaszcza osoby młode deklarowały zainteresowanie kupnem parówek o obniżonej zawartości tłuszczu, czy też z udziałem błonnika pokarmowego i innych dodatków pochodzenia roślinnego [Makała, 2012]. Fakt ten zobligował producentów do sprostania oczekiwaniom konsumentów i wprowadzenia na rynek produktów o zmniejszonej zawartości tłuszczu oraz obniżonej kaloryczności. Jednak z technologicznego punktu widzenia wyprodukowanie takiej żywności wiąże się z wieloma trudnościami. Instytuty naukowe opracowują receptury dla nowych produktów spełniających powyższe wymagania [Piotrowska i in., 2005]. Zadanie nie jest jednak łatwe bowiem tłuszcz kształtuje smakowość żywności, a zmniejszenie jego ilości powoduje, że produkty stają się mało wyraziste i „puste” smakowo. Obniżenie zawartości tłuszczu wpływa niekorzystnie na teksturę, powodując, że produkty stają się bardziej sztywne i mączyste [Mandigo i Eilert, 1992; Krzywdzińska-Bartkowiak i in., 2008].

Producenci wychodzący naprzeciw oczekiwaniom konsumentów stale poszerzają asortyment o produkty niskotłuszczowe. W krajach rozwiniętych zjawisko to jest szczególnie zauważalne [Szczepaniak i in., 2005].

Według badań przeprowadzonych w latach 2009-2011, na rynku znaleźć można parówki o zróżnicowanym składzie surowcowym. Wśród parówek drobiowych, których asortyment stanowił 25 próbek, stwierdzono, że mięso drobiowe stanowi 10%, natomiast aż 40% to mięso oddzielane mechanicznie (MOM). Natomiast dla parówek wieprzowych (31 próbek) mięso wieprzowe stanowiło od 49 do 71%, a przy niższym udziale mięsa wieprzowego, deklarowano mięso wieprzowe oddzielane mechanicznie.

Oprócz surowców podstawowych parówki zawierają w swym składzie dodatki funkcjonalne, którymi są skrobia ziemniaczana, kasza manna, maltodekstryna, białko sojowe, wieprzowe białko kolagenowe, kazeinian sodu, błonnik pszenny, czy też błonnik z bambusa, a inne substancje dodawane podczas produkcji, to przyprawy, aromaty naturalne, cukier, glukoza, syrop skrobiowy, dekstroza, wzmacniacze smaku i zapachu, przeciwutleniacze, stabilizatory, regulatory kwasowości, substancje żelujące, barwnik (koszenila). W zależności od użytych surowców i ich procentowego udziału, a także stosowanych dodatków, w sklepach można kupić parówki o zróżnicowanych cenach [Makała i in., 2006; 2012].

Według normy PN-A-82007:1996 zawartość białka w parówkach wieprzowych nie powinna być mniejsza niż 9% dla parówek homogenizowanych i 10% dla parówek drobno rozdrobnionych, a zawartość tłuszczu nie powinna być większa niż odpowiednio 40 i 35%.

Z kolei zawartość wody w parówkach wieprzowych nie powinna być większa niż 69% dla homogenizowanych i 68% dla drobno rozdrobnionych.

Dodatki technologiczne stosowane przy produkcji wędlin, a tym również parówek są stosowane, by osiągnąć odpowiednią jakość gotowego wyrobu, a dodatek takich surowców jak białka roślinne, białka zwierzęce, węglowodany, czy też hydrokoloidy (karageny) powinien wynikać wyłącznie z potrzeby technologicznej, w celu poprawy tekstury lub w celu obniżenia kaloryczności produktu [Olszewski, 2009].

W ocenie jakości technologicznej, a także wartości odżywczej, istotne jest zrównoważenie ilości białek i węglowodanów, a także tłuszczu w parówkach. Nie mniej jednak ważne jest, by produkt gotowy charakteryzował się odpowiednią wartością energetyczną. Zmniejszenie zawartości tłuszczu w składzie surowcowym przy produkcji wędlin drobno rozdrobnionych typu parówkowa, wiąże się z wieloma trudnościami podczas ich produkcji. Trudność ta wynika z faktu, iż tłuszcz stanowi istotny element w tworzeniu emulsji, a zminimalizowanie jego zawartości może prowadzić do jej destabilizacji, czyli do zniszczenia układu koloidalnego. Aby uniknąć tego problemu potrzebne jest opracowywanie nowych technologii produkcyjnych i zastosowania szeregu dodatków stabilizujących emulsję.

Kolejnym problemem wynikającym z obniżenia zawartości tłuszczu w składzie surowcowym jest zmniejszenie atrakcyjności sensorycznej produktu gotowego. Znajduje to uzasadnienie w tym, że tłuszcz jest nośnikiem smaku i zapachu, a więc jest niezbędnym elementem tworzącym profil sensoryczny produktu, a znaczne obniżenie jego zawartości spowoduje, że produkt stanie się nijaki i mało wyrazisty smakowo, a tym samym niepożądany przez konsumentów [Matuszewska, 1997; Duda, 1998].

Od wielu lat prowadzone są badania mające na celu ocenę wpływu wymiany tłuszczu zwierzęcego w wędlinach homogenizowanych na inny składnik, który nie spowoduje niekorzystnych zmian jakości teksturalnej, ale i sensorycznej. Substancjami, na które wymienia się tłuszcz są zamienniki tłuszczu.

Zamienniki tłuszczu stanowią grupę dodatków do żywności, które pod względem sensorycznym i funkcjonalnym przypominają tłuszcze, natomiast z chemicznego punktu widzenia nimi nie są. Można je podzielić na substytuty i mimetyki tłuszczu. Pierwsze z nich mają właściwości fizyczne i sensoryczne zbliżone do tłuszczu. Tłuszcz może być zastąpiony nimi we wszystkich zastosowaniach. Zamiennikami na bazie tłuszczów są np. olestra, caprenin, salatrim. Mimetyki tłuszczu to substancje, które posiadają typowe dla tłuszczów właściwości teksturotwórcze i emulgujące, ale mają inny profil smakowy. Oprócz tego nie mogą być stosowane podczas smażenia ze względu na łatwość ulegania procesom denaturacji i karmelizacji. Są to związki na bazie węglowodanów (celuloza, inulina, dekstryny, maltodekstryny, oatrim, błonnik) i białek (np. mikrodrobniowane białka mleka i jaj, modyfikowane białka pszenne) [Górecka i Krygier, 2004].

Tekstura żywności, to według ISO zespół cech mechanicznych, fizycznych oraz powierzchniowych odbieranych przy pomocy zmysłów, a dokładniej za pomocą receptorów dotykowych, mechanicznych, a także wzrokowych i słuchowych. Tekstura jest ściśle związana ze strukturą żywności oraz jej cechami reologicznymi. Według Szcześniak (1963) tekstura jest sensorycznym odzwierciedleniem struktury żywności i sposobem, w jaki reaguje ona na przyłożone siły. Zmysłami biorącymi udział w ocenie tekstury są dotyk,

wzrok i słuch. Tekstura żywności jest wielowymiarowa i wynika ze struktury molekularnej, a także budowy mikro- i makroskopowej żywności [Szcześniak, 1963].

Z punktu widzenia konsumenta, tekstura odgrywa jedną z najistotniejszych ról w czasie dokonywania wyboru produktu np. podczas robienia zakupów. Konsument decydujący się na dany produkt kieruje się w dużej mierze jego wyglądem zewnętrznym, biorąc pod uwagę np. jego barwę. Cechy kinestetyczne, czyli takie, które są odbierane zmysłami czucia również nie pozostają bez znaczenia. One także charakteryzują ogólną jakość produktu. Są to np. twardość, kruchość, płynność. Ludzka percepcja smaku nie składa się wyłącznie na odbieraniu właściwości sensorycznych, lecz także na odbiorze właściwości fizycznych, odczuwanych zwłaszcza podczas żucia [Baryłko-Pikielna, 1986; 2009].

Wzrost zainteresowania produktami o obniżonej kaloryczności, powoduje, że producenci żywności opracowują nowe produkty, aby zaspokoić wymagania konsumentów. Produkty mięsne o obniżonej kaloryczności otrzymuje się poprzez obniżenie zawartości tłuszczu lub zastosowanie ich zamienników [Backers i Noll, 1998; Colmenero, 2000]. Problemem w produkcji takiej żywności jest fakt, że tłuszcz jest odpowiedzialny za kształtowanie smaku oraz tekstury produktów, a obniżenie jego zawartości lub całkowite wyeliminowanie pogarsza jakość sensoryczną oraz reologiczną żywności [Berry, 1984; Piotrowska, 2007]. Coraz częściej podejmuje się próby częściowego zastąpienia tłuszczu naturalnymi preparatami błonnikowymi, skrobią modyfikowaną, karagenem lub innymi rodzajami białka [Szcześniak i in., 2005]. Zmniejszając ilość tłuszczu w produktach mięsnych oraz dodanie w zamian preparatów odgrywających rolę jego zamiennika, należy pamiętać o dodaniu do układu odpowiedniej ilości wody, umożliwiającej hydratację tych preparatów [Baranowska, 2005].

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu zróżnicowanej wymiany tłuszczu suszonym bobem fementowanym w zestawie surowcowym wędlin drobno rozdrobnionych, na sensoryczne wyróżniki jakościowe.

Materiał i metody

Materia badawczy

Materiał badawczy stanowiły cztery warianty wyrobów drobno rozdrobnionych typu parówkowa z różną wymianą tłuszczu suszonym bobem fermentowanym.

Produkcję przeprowadzono w przetwórnicy doświadczalnej Instytutu Technologii Mięsa na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. Do produkcji użyto mięso wieprzowe (ścięgniste) kl. III oraz surowiec tłuszczowy, którym był tłuszcz drobny wieprzowy. Doświadczenie zostało wykonane w trzech powtórzeniach. Wydajność wyprodukowanych parówek wynosiła 130%. Podstawowy skład recepturowy uwzględniał 70% mięsa, 30% tłuszczu i 30% wody. Wariant kontrolny (K) stanowiły farsze oraz kiełbasy o podstawowym składzie recepturowym, wyprodukowane bez dodatku bobu. W kolejnych trzech wariantach dokonano częściowej wymiany tłuszczu suszonym bobem fermentowanym w ilości 20% (wariant A), 40% (wariant B) i 60% (wariant C).

Skład recepturowy poszczególnych wariantów wyrobów drobno rozdrobnionych typu parówkowa zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład recepturowy wędlin drobno rozdrobnionych

Składniki farszów	Warianty			
	K (%)	A (%)	B (%)	C (%)
Mięso	52,55	52,55	52,55	52,55
Tłuszcz	22,53	18,03	13,52	9,02
woda	22,53	24,78	27,04	29,28
Sól	1,71	1,71	1,71	1,71
Przyprawy	0,68	0,68	0,68	0,68
Bób	-	2,25	4,50	6,76

Proces technologiczny produkcji wyrobów drobno rozdrobnionych

Mięso peklowano mieszką peklującą dodaną w ilości 2% w stosunku do ilości mięsa i przechowywano w chłodni przez 24 godz. w temp. 4 – 6°C. Surowce podstawowe rozdrabniano w wilku przez siatkę o średnicy oczek 3 mm, a następnie kutrowano, dodając wodę i mieszkę przypraw. W zależności od wariantu dodawano zróżnicowaną ilość suszonego fermentowanego bobu. Temperatura wyprodukowanego farszu nie przekraczała 12°C. Farsz nadziewano w osłonki naturalne. Uformowane batony trafiały do komory wędzarniczo – parzelniczej, gdzie były podsuszane w temperaturze 35°C przez 30 minut. Po procesie suszenia następowało wędzenie przez 20 minut dymem o temperaturze 40°C oraz parzenie do uzyskania w centrum geometrycznym batonu 71°C. Tak wyprodukowane wędliny studzono pod natryskiem zimnej wody aż temperatura spadła poniżej 20°C i przechowywano w warunkach chłodniczych do następnego dnia. Po 24 godzinach przechowywania kiełbas w chłodni, poddawano je badaniom.

Oznaczenie chemicznego składu podstawowego

W wyprodukowanych wyrobach drobno rozdrobnionych oznaczono zawartość białka metodą Kjeldahla [PN 75/A-04018], zawartość tłuszczu metodą Soxhlet’a [PN ISO 1444 2000], oraz ogólną zawartość wody metodą suszenia [PN ISO 1442 2000]. Dla każdej serii pomiarowej wykonano oznaczenia w 5 powtórzeniach. Wyniki przedstawiono jako wartości średnie wraz z odchyleniem standardowym.

Sensoryczna ocena konsumencka

Przeprowadzono semikonsumencką ocenę sensoryczną, w której uczestniczyło 30 osób. Konsumenci oceniali: barwę, konsystencję, smakowitość oraz ogólną pożądalność czterech wariantów wędlin [Baryłko-Pikielna, 2009]. Ocena konsumencka polegała na określeniu stopnia pożądalności prezentowanych wędlin doświadczalnych. W badaniach tych zastosowano 10-centymetrową skalę graficzną z następującymi oznaczeniami brzegowymi: ”bardzo mi nie odpowiada” – „bardzo mi odpowiada”.

Ilościowa analiza profilowa

Ilościową analizę profilową przeprowadzono zgodnie z wymogami normy PN-ISO 8589. W każdej próbie wędliny drobno rozdrobnionej typu parówkowa oceniano kolejno intensywność następujących deskryptorów:

- Barwa na przekroju
 - Natężenie (szara – różowa)
 - Jednolitość (niejednolita – wyrównana)
- Konsystencja
 - Twardość (miękka – twarda)
 - Grudkowatość (niewielka – znaczna)
 - Związanie (słabe – mocne)
 - Wodnistość (mała – duża)
 - Soczystość (mała – duża)
- Smak – intensywność
 - Tłuszczowy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Mięsny (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Słony (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Obcy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Przyprawowy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Wędzarniczy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
- Zapach – intensywność
 - Tłuszczowy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Mięsny (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Wędzarniczy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Przyprawowy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
 - Obcy (niewyczuwalny – bardzo intensywny)
- Ocena ogólna

Analiza statystyczna

Otrzymane wyniki badań zostały poddane analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Statistica 10 PL. Przeprowadzono analizę wariancji z wykorzystaniem testu Fishera. Na poziomie istotności $p \leq 0,05$ zweryfikowano występowanie istotnych statystycznie różnic między średnimi.

Wyniki i dyskusja

Nasiona strączkowe są bardzo dobrym źródłem białka. Bób zawiera go powyżej 20%. Oprócz tego zawierają także witaminy, węglowodany oraz tłuszcz w skład którego wchodzi wielonienasycone kwasy tłuszczowe [Harper i Jacobson, 2002]. Ze względu na zawartość związków antyodżywczych, takich jak inhibitory enzymów (trypsyny, chymotrypsyny) stają się ciężkostrawne. Aby zwiększyć strawność tych roślin poddaje się je wielu zabiegom biotechnologicznym, np. fermentacji za pomocą bakterii kwasu mlekowego (LAB) [Hag i in., 2002].

Bób (*Vicia faba L.*) to gatunek jednorocznej rośliny z rodziny bobowatych. Pochodzi z południowo-zachodniej Azji i północnej Afryki i zaliczany jest do jednej z najdłużej uprawianych roślin strączkowych. Ze względu na odporność na niskie temperatury jest chętnie uprawiany w Ameryce Południowej i stanowi dla mieszkańców tych rejonów podstawowe źródło energii, białka, związków mineralnych oraz witamin [Azasa i in., 2009]. Bób jest dostępny w handlu w postaci surowej oraz jako konserwa w puszcze. W Ameryce Południowej najbardziej popularny w formie ugotowanej, tzw. Mote, ale także suszonej [Gimenez i in., 2012].

Wyniki badań składu podstawowego wyprodukowanych wędlin drobno rozdrobnionych typu parówkowa z udziałem suszonego bobu fermentowanego przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Skład podstawowy wędlin drobno rozdrobnionych z udziałem suszonego bobu fermentowanego

	Warianty			
	K	A	B	C
Białko (%)	12,71 ^a ± 1,31	13,24 ^{ab} ± 1,04	13,50 ^{ab} ± 0,71	14,55 ^b ± 1,81
Tłuszcz (%)	23,41 ^a ± 1,96	20,37 ^b ± 1,75	14,75 ^c ± 1,05	11,79 ^d ± 1,77
Woda (%)	60,69 ^a ± 5,94	61,05 ^a ± 2,53	66,48 ^b ± 1,70	68,72 ^b ± 3,14

a,b,c,d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$)

Analizując skład podstawowy wyprodukowanych kielbas można było spodziewać się, że zawartość wody i tłuszczu będzie zmieniała się zgodnie z recepturą dla poszczególnych wariantów. Zawartość procentowa tłuszczu malała wraz ze stopniem wymiany tłuszczu bobem fermentowanym, a jego wartości różniły się statystycznie istotnie pomiędzy poszczególnymi wariantami prób. Wręcz odwrotnie stwierdzono w przypadku zawartości wody, która wraz ze stopniem wymiany tłuszczu wzrastała. Procentowa zawartość białka również wzrastała w poszczególnych wariantach parówek. Pomimo stosunkowo wysokiej zawartości białka ogólnego w suszonym bobie fermentowanym, kształtującej się na poziomie 31,75% [Gumienna i in., 2011], surowiec ten nie miał jednak znaczącego wpływu na zawartość białka w wyprodukowanych wędlinach. Różnice statystycznie istotne stwierdzono między wędliną kontrolną (12,71%), a kielbasą z 60% substytucją tłuszczu (14,51%).

Wyniki oceny konsumenckiej wyprodukowanych kielbas przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki ceny konsumenckiej wędlin drobno rozdrobnionych typu parówkowa z udziałem suszonego bobu fermentowanego [pkt]

Wyróżnik	Wariant			
	K	A	B	C
Barwa na przekroju	5,59 ^a ± 2,31	6,58 ^b ± 1,67	5,59 ^a ± 1,75	5,42 ^a ± 2,03
Smakowitość	5,34 ^{ab} ± 1,23	6,39 ^c ± 1,54	5,90 ^{bc} ± 1,97	5,13 ^a ± 1,96
Tekstura	5,49 ^{ab} ± 1,60	6,98 ^c ± 1,60	5,95 ^b ± 2,03	5,04 ^a ± 2,02
Ocena ogólna	5,33 ^a ± 1,33	6,77 ^b ± 1,55	5,67 ^a ± 1,93	4,98 ^a ± 1,92

a,b,c,d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$)

Analiza statystyczna wyników oceny konsumenckiej wykazała, że najwyższymi notami za smakowitość (6,39 pkt.) charakteryzowała się wędlina z 20% wymianą tłuszczu bobem fermentowanym. Uzyskała ona najwięcej punktów w ocenie barwy na przekroju (6,58), a jej wartości różniły się statystycznie istotnie od wartości tego parametru badanego w pozostałych wariantach wędlin. Pod względem tekstury najlepiej oceniony został również wariant z 20% wymianą tłuszczu. Natomiast najniższe noty uzyskał wariant z 60% wymianą tłuszczu.

Wyniki oceny profilowej wyprodukowanych kielbas zostały zawarte w tabelach 4, 5, 6, 7 i 8.

Tabela 4. Analiza profilowa kielbas typu parówkowa – Barwa (pkt.)

Wariant	Barwa	
	Natężenie	Jednolitość
K	8,38 ^b ± 0,48	8,50 ^b ± 0,65
A	5,84 ^a ± 0,81	6,70 ^{ab} ± 0,93
B	5,31 ^a ± 2,09	4,89 ^a ± 2,50
C	4,30 ^a ± 2,04	4,60 ^a ± 2,54

a,b,c,d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$)

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice w natężeniu barwy między kielbasą kontrolną a pozostałymi wariantami. W ocenie jednolitości barwy badanych parówek, wykazano, iż największą jednolitością cechowała się kielbasa kontrolna, a najmniejszą z 60% wymianą tłuszczu na bób fermentowany.

Tabela 5. Analiza profilowa kiełbas typu parówkowa - Tekstura (pkt)

Tekstura	Wariant			
	K	A	B	C
Twardość	4,94 ^a ± 1,70	5,39 ^a ± 1,84	5,28 ^a ± 1,84	6,48 ^a ± 1,95
Grudkowatość	3,45 ^a ± 1,16	4,40 ^a ± 1,65	4,18 ^a ± 1,47	4,55 ^a ± 1,59
Zwiążanie	7,38 ^a ± 1,07	7,60 ^a ± 0,88	7,59 ^a ± 1,17	8,01 ^a ± 0,74
Wodnistość	5,00 ^b ± 2,24	3,60 ^{ab} ± 1,68	3,46 ^{ab} ± 1,15	2,79 ^a ± 0,95
Soczystość	7,80 ^b ± 0,87	7,44 ^{ab} ± 0,91	6,21 ^{ab} ± 1,45	5,50 ^a ± 2,14

a,b,c,d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie (p≤0,05)

Wszystkie oceniane warianty parówek otrzymały podobną ilość punktów wśród takich wyróżników tekstury jak twardość, grudkowatość oraz zwiążanie, a analiza wariancji nie wykazała między nimi statystycznie istotnych różnic. Największą wodnistością cechowała się kiełbasa kontrolna, natomiast najmniejszą wariant z 60% wymianą tłuszczu bobem fermentowanym. Pomiędzy wartościami wodnistości uzyskanymi w tych wariantach wykazano różnice statystycznie istotne. Kiełbasa kontrolna otrzymała również najwięcej punktów w ocenie soczystości. Najniższe noty uzyskała wędlina z 60% wymianą tłuszczu na bób fermentowany.

Tabela 6. Analiza profilowa kiełbas typu parówkowa – Smak (pkt.)

Smak	Wariant			
	K	A	B	C
Tłuszczowy	4,86 ^a ± 1,70	4,93 ^a ± 1,57	4,80 ^a ± 1,69	4,24 ^a ± 1,52
Mięsny	5,88 ^a ± 1,10	5,83 ^a ± 0,94	5,28 ^a ± 1,43	5,30 ^a ± 0,91
Słony	5,59 ^a ± 1,74	5,38 ^a ± 1,25	5,71 ^a ± 1,18	6,16 ^a ± 1,39
Obcy	1,81 ^a ± 2,00	2,99 ^a ± 1,98	4,10 ^a ± 2,10	4,26 ^a ± 2,07
Przyprawowy	4,85 ^a ± 1,95	5,89 ^a ± 1,64	6,04 ^a ± 1,49	6,74 ^a ± 1,57
Wędzarniczy	5,36 ^a ± 1,96	5,10 ^a ± 2,01	5,39 ^a ± 1,65	4,58 ^a ± 2,70

a,b,c,d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie (p≤0,05)

Analiza wariancji uzyskanych wartości badanego smaku nie wykazała statystycznie istotnych różnic pomiędzy badanymi wariantami kiełbas wśród wszystkich wyróżników opisujących tę cechę (tłuszczowy, mięsny, słony, obcy, przyprawowy, wędzarniczy).

Tabela 7. Analiza profilowa kielbas typu parówkowa – Smak (pkt.)

Smak	Wariant			
	K	A	B	C
Tłuszczowy	5,15 ^a ± 1,98	4,98 ^a ± 1,78	4,66 ^a ± 2,01	4,35 ^a ± 1,94
Mięsny	6,28 ^a ± 1,11	5,83 ^a ± 1,14	5,50 ^a ± 1,39	4,65 ^a ± 1,90
Wędzarniczy	6,38 ^a ± 1,58	5,49 ^a ± 0,83	5,66 ^a ± 0,94	4,76 ^a ± 1,54
Przyprawowy	4,51 ^a ± 1,88	4,20 ^a ± 1,13	4,54 ^a ± 1,25	4,26 ^a ± 1,35
Obcy	1,64 ^a ± 1,16	3,09 ^{ab} ± 1,59	3,14 ^{ab} ± 1,65	4,08 ^b ± 2,46

a,b,c,d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie (p≤0,05)

Analiza wariancji zapachu badanych kielbas wykazała brak istotnych statystycznie różnic między wariantami wśród takich wyróżników jak: tłuszczowy, mięsny, wędzarniczy oraz przyprawowy. Wykazano, że najbardziej wyczuwalny był smak obcy w wariancie z 60% wymianą tłuszczu na bób fermentowany, a najmniej w wariancie stanowiącym próbę kontrolną. Pomiędzy nimi były różnice statystycznie istotne.

Tabela 8. Analiza profilowa kielbas typu parówkowa – Ocena ogólna (pkt.)

	Wariant			
	K	A	B	C
Ocena ogólna	8,06 ^c ± 0,79	7,25 ^{bc} ± 0,95	6,15 ^{ab} ± 0,74	4,91 ^a ± 1,43

a,b,c,d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie statystycznie (p≤0,05)

Analiza wariancji wykazała różnice statystycznie istotne pomiędzy próbą kontrolną, a wariantem z 60% wymianą tłuszczu bobem fermentowanym. Jednocześnie nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic między wariantem z 60% wymianą tłuszczu bobem a wariantem z 40% wymianą. Jak również wykazano brak statystycznie istotnych różnic między kielbasą kontrolną a wariantem z 20% wymianą tłuszczu na bób.

Ocena sensoryczna pełni znaczącą rolę w przemyśle spożywczym, w tym również w przetwórstwie mięsnym. Jest stosowana przez producentów żywności przy analizie surowców, półproduktów i produktów gotowych. Służy ocenie jakości żywności, a także jest przydatna podczas wprowadzania nowych produktów na rynek, ich modyfikowaniu itp. [Makała, 2012]. Jest uważana za jeden z najważniejszych czynników mających znaczenie przy wyborze żywności przez konsumentów [Barylko-Pikielna, 1998].

Substytucja tłuszczu bobem fermentowanym nie miała istotnego wpływu na ocenę profilową wyprodukowanych wyrobów. Uzyskane oceny nie różnicowały ocenianych wariantów między sobą. Wyjątek stanowiły takie wyróżniki jak wodnistość i soczystość. W odczuciu osób oceniających wraz ze zwiększającym się stopniem wymiany tłuszczu, a tym samym zwiększającej się zawartości wody wzrastała wodnistość, a malała soczystość parówek. Odwołując się do literatury można stwierdzić, że istotne są odpowiednie proporcje wody, tłuszczu i białka. Mają to wpływ na kształtowanie tekstury produktów. Tłuszcz kształtuje soczystość produktów. Istotne zmniejszenie udziału tłuszczu w wyrobach powoduje pogorszenie ich właściwości reologicznych. Tekstura produktów o zbyt małej

zawartości tłuszczu staje się mączysta i sztywna [Krzywdzińska-Bartkowiak i in., 2008; Żochowska-Kujawska i in., 2010]. Z kolei nadmiar wody powoduje zmniejszenie spójności struktury produktów po obróbce termicznej, przyczyniając się do zmniejszenia soczystości i zwiększenia odczucia suchości produktu lub zwiększenia wodnistości i obniżenia sprężystości [Krzywdzińska-Bartkowiak i Dolata, 2005].

Wnioski

1. Wymiana tłuszczu bobem fermentowanym w wyprodukowanych wędlinach miała swój wyraz w uzyskanych wynikach analizy składu podstawowego. Wraz ze wzrostem stopnia wymiany tłuszczu bobem zmniejszała się jego ilość. Natomiast zawartość wody wzrastała.
2. Substytucja tłuszczu suszonym bobem fermentowanym w wyprodukowanych wędlinach drobno rozdrobnionych w ilości 20% nie miała statystycznie istotnego wpływu na pogorszenie jakości sensorycznej. Uzyskane wartości w ocenie ogólnej nie różniły się statystycznie istotnie od uzyskanych dla kielbasy kontrolnej.

Praca została zrealizowana w ramach projektu: „Nowa żywność bioaktywna o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych” POIG 01.01.02-00-061/09.

Literatura

- Azasa, M. S., Wassim, K., Mensi, F., Abdelmouleh, A., Brini, B., & Krad'em, M. M. Evaluation of faba beans (*Vicia fabal* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 2009, 287, 174–179.
- Backers T., Noll B. Balaststoffe halten Einzug in der Fleischverarbeitung. *Fleischwirtschaft*, 1998, 78 (4), 316-320.
- Baranowska H. M., Piątek M., Dolata W., Piotrowska E., Rezler R. Analiza stanu związania wody w farszach wędlin drobno rozdrobnionych wyprodukowanych z błonnikiem łubinu. *Inżynieria Rolnicza*. 2005, 11 (71), 25-36.
- Barylko-Pikielna N.. Analiza sensoryczna w zapewnianiu jakości żywności., *Przemysł Spożywczy*, 1998, 12, 25-28.
- Barylko-Pikielna N.. Instrumentalne metody pomiaru tekstury żywności., *Instytut Żywności i Żywienia*, Warszawa 1986.
- Barylko-Pikielna N.. Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania., *Wyd. Naukowe PTTŻ*., 2009.
- Berry B.W., Leddy K.F.. Effect of fat level and cooking methods on sensory and textural properties of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 1984, 49, 870-875.
- Colmenero J.F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. *Trends In Food Science and Technology*, 2000, 11, 56-66.

- Duda Z.. Zamienniki tłuszczu stosowane w przetwórstwie mięsa. *Gospodarka Mięsna*, 1998, 2, 22-26.
- Gawęcki J., Hryniewiecki L. (red.). *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2003.
- Giménez M.A., Drago S.R., De Greef D., Gonzales R.J., Lobo M.O., Samman N.C.. Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean (*Vicia faba*) flour blends for pasta formulation. *Food Chem.*, 2012, 134, 200–206.
- Gumienna M., Lasik M., Czarnecki Z. Wpływ obróbki mikrobiologicznej na zawartość związków biologicznie aktywnych w wybranych nasionach roślin strączkowych. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2011, XLIV, 3, 951-956.
- Górecka A., Krygier K.. Zamienniki tłuszczu w produkcji żywności o obniżonej wartości energetycznej. *Przem. Spoż.* 2004, 5, 36-42.
- Hag M. E. El., Tinay A. H. El., Yousif N. E.. Effect of fermentation and dehulling on starch, total polyphenols, phytic acid content and in vitro protein digestibility of pearl millet. *Food Chem.*, 2002, 77, 193-196.
- Harper Ch.R., Jacobson T.A. Tłuszcze życia. Rola kwasów tłuszczowych omega-3 w zapobieganiu chorobie niedokrwiennej serca. *JAMA-PL*, 2002, 4, 149–156.
- Krzywdzińska-Bartkowiak M., Dolata W.. Wpływ dodatku wody na mikrostrukturę drobno rozdrobnionych farszów mięsnych i wyprodukowanych z nich wędlin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2005, 3 (44) Supl., 121-130.
- Krzywdzińska-Bartkowiak M., Dolata W., Piątek M., Michalski K. Wpływ wymiany tłuszczu zwierzęcego tłuszczem roślinnym i błonnikiem pokarmowym na jakość farszów i kiełbas drobno rozdrobnionych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2008, 4 (59), 61-67.
- Makała H.. Jakość parówek oferowanych konsumentom w sprzedaży detalicznej. *Gospodarka Mięsna*, 2006, 8, 20-28.
- Makała H.. Jakość parówek oferowanych konsumentom w sprzedaży detalicznej. *Gospodarka Mięsna* 2012, 6 (64), 22-25.
- Mandigo R.W., Eilert S.J.. Developments in restructured and low-fat processed products. *in: Abstracts and Review Papers*, 39 ICoMST, 1992, Session 7, 1–6, 305-316.
- Matuszewska I.. Akceptacja konsumencka produktów o obniżonej zawartości tłuszczu – metodyka i kierunki badań. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 1997, XXIV, 2, 91-102.
- Olszewski A. Aspekty produkcji parówek, *Gospodarka Mięsna*, 2009, 2, 10-16.
- Piotrowska E., Dolata W., Baranowska H. M., Rezler R., Szczepaniak B. Wpływ częściowej wymiany tłuszczu błonnikiem pokarmowym na teksturę i cechy sensoryczne wędlin drobno rozdrobnionych. *Inżynieria Rolnicza*. 2005, 11 (71), 383-392.

Piotrowska E., Dolata W., Szczepaniak B., Margol J.. Wpływ zróżnicowanej zamiany tłuszczu zmodyfikowaną skrobią ziemniaczaną na jakość wędlin drobno rozdrobnionych. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2007, XL, 3, 267-272.

Piotrowska E., Szczepaniak B., Dolata W., Graczyk B. Wpływ częściowej zamiany tłuszczu zwierzęcego tłuszczem roślinnym na jakość sensoryczną kielbas drobno rozdrobnionych. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego.* 2007, T XLV/2.

PN-75/A-04018. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.

PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości tłuszczu wolnego.

PN-ISO 1440:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości wody (metoda odwoławcza).

PN-ISO 1841:2002. Oznaczanie zawartości chlorków.

PN-A-82007:1996 Przetwory mięsne. Wędliny.

Szczepaniak B., Piotrowska E., Dolata W., Zawirska-Wojtasiak R., Effect of partial fat substitution with dietary fiber on sensory properties of Finley comminuted sausages. Part I: Wheat and oat fiber. *Polish Journal of Food And Nutrition Sciences*, 2005, 14 (5), 309-314.

Szczesniak A.S. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 1963, 28, 385-389.

Ziemlański Ś., Podstawy prawidłowego żywienia człowieka. Zalecenia żywieniowe dla ludności w Polsce. Wyd. Instytut Danone, Fundacja Promocji Zdrowego Żywienia, 1998, Warszawa.

Żochowska-Kujawska J., Lachowicz K., Sobczak M. The tenderisation of wild boar meat using a calcium chloride, kefir, wine and pineapple marinade. *EJPAU*, 2010, 13(4), #02.

ŁUKASZ MASEWICZ¹, HALINA MAKALA², KATARZYNA PERS¹,
HANNA MARIA BARANOWSKA¹

¹*Katedra Fizyki i Biofizyki*

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

lmasew@up.poznan.pl

²*Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu*

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego

OCENA ZDOLNOŚCI WIĄZANIA WODY W MODELOWYCH UKŁADACH MIĘSNO - TŁUSZCZOWYCH ZAWIERAJĄCYCH OLEJ ROŚLINNY

Streszczenie

W prezentowanej pracy analizowano wpływ częściowej wymiany tłuszczu zwierzęcego na roślinny i dodatek błonników na makroskopowe i molekularne właściwości produktów mięsno - tłuszczowych. Zarówno dodatek błonników jak i oleju roślinnego nie zmieniają wskaźników W/B (zawartość wody w stosunku do zawartości białka) i T/B (zawartość tłuszczu w stosunku do zawartości białka), które są makroskopowymi wskaźnikami jakości produktów mięsnych. Na podstawie uzyskanych rezultatów stwierdzono, że dodatek tłuszczu roślinnego i błonników obniża wartość aktywności wody w badanych produktach. Pomiary czasów relaksacji wykazały, że obecny w produkcie tłuszcz roślinny tworzy emulsje typu woda w oleju. Stwierdzono, że równowagowa wartość aktywności wody w układzie jest determinowana przez wodę niezwiązaną. Wykazano, że wprowadzenie błonników do produktów mięsnych powoduje wzrost ilości wody związanej w stosunku do ilości wody wolnej.

Słowa kluczowe: aktywność wody, czasy relaksacji, modelowy produkt, olej roślinny, tłuszcz zwierzęcy

Wprowadzenie

W przemyśle mięsnym do produkcji różnego rodzaju sortymentów stosowany jest recepturowy dodatek tłuszczu zwierzęcego, najczęściej wieprzowego. Tłuszcz wieprzowy pozyskiwany jest z różnych części półtuszy i jego właściwości technologiczne w przetwórstwie są zróżnicowane. Najszerze zastosowanie mają podgardle i tłuszcz drobny uzyskane podczas doczyszczania elementów takich jak szynka czy łopatka. Źródło tłuszczu recepturowego stanowi również słonina, uzyskana podczas rozbioru. W zależności od grupy asortymentów tłuszcz wieprzowy stosuje się do kielbas, wędlin podrobowych oraz do wyrobu smalcu.

Poprawę jakości i profilu składu kwasów tłuszczowych w przetworach mięsnych można uzyskać poprzez dodatek zamienników tłuszczu zwierzęcego z grupy sacharydów lub/i olejów roślinnych [Makała, 2002; Makała, 2007; Makała i Jerzewska, 2008]. Dodatek olejów roślinnych i/lub preparatów błonnika do produktów mięsnych, poza korzystnym korygowaniem ich wartości żywieniowej pełni również rolę dodatku funkcjonalnego

[Hygreeva i in., 2014]. Stąd poszukiwania optymalnej receptury produktów mięsnych z dodatkiem tłuszczów roślinnych.

Zmiany wprowadzane do produktów mięsnych wymagają szczegółowej analizy parametrów określających ich jakość. Makroskopowymi parametrami, które mogą wskazywać na jakość wyrobów mięsnych jest stosunek zawartości wody do zawartości białka [Adamczak i in., 2014], czy wzajemna relacja pomiędzy zawartością tłuszczu i białka. O bezpieczeństwie mikrobiologicznym produktów spożywczych świadczy wartość aktywności wody [Stępień i in., 2014]. Jednym ze znaczących parametrów, które decydują o jakości i możliwościach przechowalniczych produktów mięsnych jest stan dynamiczny wody. Można go analizować wykorzystując metodę niskopolowego magnetycznego rezonansu jądrowego [Baranowska, 2009; Kowalczewski i in., 2015]. Polega ona na pomiarach czasów relaksacji spin-sieć T_1 i spin-spin T_2 . Wartości T_1 odzwierciedlają względną zawartość wody wolnej w stosunku do wody związanej, natomiast wartości T_2 opisują dynamikę molekuł obu frakcji wody. Wartości T_{21} , tzw. krótka składowa opisują relaksację spinowo-spinową frakcji wody związanej natomiast wartości T_{22} dotyczą relaksacji spinowo-spinowej frakcji wody wolnej.

Wzrost zawartości wody wolnej w stosunku do związanej manifestuje się wzrostem wartości czasu relaksacji spin-sieć. O ruchliwości molekuł wody obu frakcji świadczą wartości składowych czasów relaksacji spin-spin. Im większe wartości tego czasu tym większa jest możliwość ruchów rotacyjnych i translacyjnych molekuł wody.

Celem badań była ilościowa i jakościowa analiza wiązania wody w produktach tłuszczowych z dodatkiem oleju rzepakowego i mieszaniny błonników pszennego i lnianego.

Material i metody

Material

Materiałem doświadczalnym były drobno rozdrobnione przetwory mięsne z 30-procentowym udziałem tłuszczu zwierzęcego w składzie recepturowym farszu. Skład receptury wyrobu modelowego był następujący: 30% ścięgnistego mięsa wieprzowego kl. III, 40% chudego mięsa wołowego, 30% tłuszczu zwierzęcego oraz 20% wody z lodem dodawanej w stosunku do masy mięsno-tłuszczowej i sól peklująca w ilości 2,2% (wariant odniesienia K).

W wariantach o zmienionym składzie recepturowym, tłuszcz zwierzęcy wymieniano na równoważną ilość oleju lnianego w ilościach odpowiednio 2, 5 i 10%. Poszczególne warianty doświadczenia oznaczono odpowiednio: O2, O5 i O10. Dodatkowo do badanych produktów dodano uwodnione w stosunku 1:4 preparaty błonnika - błonnik pszenny WF 1000 (Vitacel, Rettenmaier, Polska) i błonnik lniany (IWN, Polska) Mieszaninę błonników dodano w ilościach 1,5% i 3% i oznaczono odpowiednio B1 i B2.

Przygotowanie prób

Surowce rozdrabniano na wilku, kutrowano, dodając wodę lodową, olej, uwodnione w stosunku 1:4 preparaty błonnika. Uzyskane układy umieszczano w puszkach i poddawano obróbce termicznej do uzyskania temperatury 72°C w centrum geometrycznym. Po zakończeniu procesu ogrzewania, próbki chłodzono. Przed wszystkimi analizami puszki zawierające materiał badawczy przechowywano w warunkach chłodniczych w temperaturze 2 - 4°C.

Oznaczenie podstawowego składu chemicznego

W produktach mięsno-tłuszczowych oznaczano podstawowy skład chemiczny. Pomiarów wykonywano w 5 powtórzeniach. Całkowitą zawartość wody mierzono metodą suszenia zgodnie z normą PN ISO 1442:2000. Do oznaczenia zawartości białka ogólnego wykorzystano metodę Kjeldahla [PN-75/A-04018] i określono przy użyciu aparatu Kjeltec Analyser 1026. Metodą Soxhlet'a [PN ISO 1444:2000], przy użyciu aparatu 2055 Soxtec Manual Extraction Unit oznaczono zawartość tłuszczu. Uzyskane z oznaczeń podstawowego składu chemicznego wartości zawartości wody ogólnej, białka oraz tłuszczu w modelowych produktach tłuszczowo – mięsnych posłużyły do obliczenia następujących wskaźników syntetycznych: W/B – stosunek zawartości wody do zawartości białka i T/B – stosunek zawartości tłuszczu do zawartości białka. Parametry te określały jakościowo uzyskane produkty mięsne [Makala i in. 2006].

Wyniki pomiarów powyższych parametrów makroskopowych uzupełniono o parametry molekularne opisujące stan dynamiczny wody w produkcie.

Metodyka pomiarów czasów relaksacji

Pomiary czasów relaksacji spin-sieć T_1 i spin-spin T_2 wykonano przy użyciu impulsowego spektrometru MSL30 pracującego przy częstotliwości 30 MHz (WLELECTRONICS, Poznań, Polska). Do pomiarów czasów relaksacji T_1 zastosowano sekwencję impulsów odwrócenia i odrostu (π - τ - $\pi/2$) [Fukushima i Roeder, 1981; Mitchell i in., 2014]. Odległości między impulsami (τ) zmieniano od 1 ms do 1200 ms. Czas repetycji wynosił 10 s. Zbierano 32 sygnały zaniku swobodnej precesji (FID). Z każdego sygnału FID zbierano 110 punktów. Obliczenia wartości czasu relaksacji spin-sieć wykonano za pomocą programu CracSpin [Węglarz i Harańczyk, 2000]. Czasowe zmiany aktualnej wartości amplitudy sygnału FID w zastosowanej sekwencji impulsów opisuje formuła:

$$M_z(\tau) = M_0 \left(1 - 2e^{\frac{-\tau}{T_1}} \right) \quad (1)$$

gdzie: $M_z(\tau)$ jest chwilową wartością magnetyzacji, M_0 jest wartością równowagową magnetyzacji, τ jest odległością między impulsami, T_1 jest czasem relaksacji.

We wszystkich analizowanych układach stwierdzono monoeksponencjalny odrost magnetyzacji co oznacza, że układ relaksuje z jednym czasem relaksacji spin-sieć T_1 .

Pomiary czasów relaksacji spin-spin T_2 wykonano przy użyciu ciągu ech spinowych Carr-Purcella-Meibooma-Gilla ($\pi/2-TE/2-(\pi)_n$) [Carr i Purcell, 1954; Meiboom i Gill, 1958; Mitchell i in., 2014]. Odległość między impulsami π (TE) wynosiła 900 μ s. Czas repetycji wynosił 10 s. Liczba ech spinowych (n) wynosiła 100. Zastosowano 7 akumulacji sygnałów.

Do obliczeń wartości czasów relaksacji spin-spin wykorzystano dopasowanie wartości amplitud ech do formuły [Baranowska, 2011]:

$$M_{x,y}(TE) = \sum_{i=1}^n p_i e^{\frac{-TE}{T_{2i}}} \quad (2)$$

gdzie: $M_{x,y}(TE)$ jest amplitudą echa, M_0 jest równowagową amplitudą, TE jest odległością między impulsami π , p_i jest frakcją protonów relaksujących z czasem spin-spin T_{2i} .

Dla wszystkich analizowanych układów stwierdzono obecność dwóch frakcji protonów zatem $p_1 + p_2 = 1$.

Pomiary wykonano w kontrolowanej temperaturze 20 ± 1 °C

Metodyka pomiarów równowagowej aktywności wody.

Pomiary aktywności wody wykonano przy użyciu analizatora dyfuzji i aktywności wody ADA-7 (CORABID, Poznań, Polska), z systemem automatycznej rejestracji przebiegów czasowych ewakuacji wody z badanych produktów [Stangierski i in., 2012]. Przed pomiarem stabilizowano temperaturę z dokładnością do $\pm 0,1$ °C do wartości 20 °C. Przed pomiarem każdej próby komorę osuszano do aktywności wody a_w równej 0,06, a czas trwania pomiaru ustalono na 400 s.

Pomiary prowadzono w 3 powtórzeniach i obliczano średnie wartości parametrów relaksacyjnych oraz aktywności wody.

Pomiary wykonano w kontrolowanej temperaturze 20 ± 1 °C

Wyniki i dyskusja

Wykonane oznaczenia zawartości podstawowych składników chemicznych analizowanych modelowych produktów mięsno – tłuszczowych wskazują, że średnie wartości wyróżników określających ich jakość nie zmieniały się istotnie w ocenianych wariantach doświadczalnych. Zawartość wody zmieniała się od 66,6% do 68,0%, białka od 11,8% do 12,5%, tłuszczu od 15,2% do 16,1%. Obserwowana niewielka zmienność wynikała ze zmienności biologicznej wykorzystanych do produkcji surowców. Wartości wyliczonych wskaźników syntetycznych W/B oraz T/B przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka wskaźników W/B i T/B w modelowych układach mięsno-tłuszczowych

Warianty	W/B	T/B
K	5,8 ± 0,5*	1,4 ± 0,1
B1 O2	5,3 ± 0,4	1,3 ± 0,2
B1 O5	5,0 ± 0,3	1,4 ± 0,1
B1 O10	5,5 ± 0,5	1,3 ± 0,1
B2 O2	5,4 ± 0,3	1,2 ± 0,2
B2 O5	5,3 ± 0,4	1,3 ± 0,2
B2 O10	5,5 ± 0,3	1,2 ± 0,2

*wartości średnie ± odchylenie standardowe

Analizowane wskaźniki stanowią źródło informacji o składzie recepturowym użytych składników do wytworzenia modelowego produktu. Z uwagi na to, iż tłuszcz zwierzęcy był zastępowany równoważną ilością oleju roślinnego nie wpłynęło to na zróżnicowanie wartości wskaźnika T/B, zmieniającego się w zakresie 1,2 do 1,4. Nieco większe różnice, choć nie istotne statystycznie obserwowano w wartościach wskaźnika W/B, przyjmującego najwyższe wartości dla wariantu kontrolnego. Wprowadzenie do układu preparatów błonnika spowodowało obniżenie jego wartości. Jednak nie stwierdzono żadnych zależności pomiędzy ilością wprowadzonego błonnika czy zamiany tłuszczów na zmiany wartości obu wyróżników.

Aktywność wody jest makroskopowym parametrem, który opisuje stan wody w produktach spożywczych [Lewicki, 2004]

Zmiany wartości aktywności wody w badanych modelowych przetworach tłuszczowo mięsnych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości aktywności wody w modelowych układach mięsno-tłuszczowych

Warianty	Aktywność wody
K	0,9050 ± 0,0010*
B1 O2	0,8746 ± 0,0010
B1 O5	0,8822 ± 0,0010
B1 O10	0,8849 ± 0,0020
B2 O2	0,8495 ± 0,0060
B2 O5	0,8800 ± 0,0010
B2 O10	0,8653 ± 0,0015

*wartości średnie ± odchylenie standardowe

Wraz ze wzrostem ilości dodanych błonników maleje aktywność wody w analizowanych produktach. W układach zawierających 1,5% dodatek błonników zanotowano liniowy wzrost aktywności wody wraz ze wzrostem ilości oleju. W produktach, w których dwukrotnie zwiększono zawartość błonników zdecydowanie zmalała wartość a_w . Jednocześnie, w tych produktach, nie stwierdzono korelacji pomiędzy zawartością oleju a wartością a_w .

Uzyskane wyniki wskazują, że ocena stanu wiązania wody w produktach mięsno - tłuszczowych zawierających błonnik wymaga dodatkowej analizy na poziomie molekularnym. Wykonane pomiary czasów relaksacji protonów dobrze uzupełniają opisane powyżej rezultaty.

Stwierdzono, że wszystkie produkty o zmodyfikowanym, w porównaniu do kontroli, składzie charakteryzują się mniejszymi wartościami czasów relaksacji. Można to tłumaczyć zarówno efektem wiązania wody przez dodane do układu błonnik jak i dodaniem tłuszczu roślinnego.

Zmiany wartości czasów relaksacji odzwierciedlają zmiany dynamiki molekularnej wody modyfikowanej obecnością tłuszczu. Frakcja wody niezwiązanej opisana jest długą składową czasu relaksacji spin-spin T_{22} . Im dłuższy jest ten czas relaksacji tym większą mobilnością charakteryzują się molekuly zawarte w tej frakcji. Frakcja wody związanej opisana parametrem T_{21} charakteryzuje się krótkimi czasami relaksacji z powodu bezpośrednich oddziaływań molekuł tej frakcji z matrycą biopolimerową.

W tabeli 3 zestawiono zmierzone wartości czasów relaksacji spin-sieć T_1 i obu składowych czasów relaksacji spin-spin T_2 .

Tabela 3. Wartości czasów relaksacji spin-sieć T_1 oraz krótkiej składowej czasów relaksacji spin-spin T_{21} i długiej składowej czasów relaksacji spin-spin T_{22}

Warianty	T_1 (ms)	T_{21} (ms)	T_{22} (ms)
K	$465,9 \pm 12,5^*$	$55,5 \pm 2,3$	$163,8 \pm 8,5$
B1 O2	$417,5 \pm 8,4$	$44,0 \pm 1,2$	$98,5 \pm 7,0$
B1 O5	$391,9 \pm 10,3$	$43,5 \pm 2,7$	$112,1 \pm 3,3$
B1 O10	$373,9 \pm 7,0$	$49,7 \pm 7,1$	$137,9 \pm 1,2$
B2 O2	$382,0 \pm 7,5$	$38,9 \pm 3,8$	$103,4 \pm 4,1$
B2 O5	$362,9 \pm 5,6$	$43,9 \pm 4,1$	$106,8 \pm 2,2$
B2 O10	$375,0 \pm 10,3$	$54,0 \pm 3,7$	$137,5 \pm 4,1$

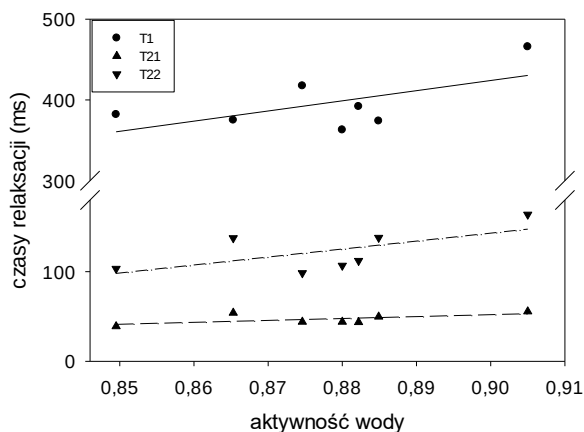
*wartości średnie $\pm$ odchylenie standardowe

Jak można zauważyć, przy 1,5% dodatku błonnika obserwuje się zmniejszenie wartości czasu relaksacji spin-sieć T_1 wraz ze wzrostem zawartości oleju roślinnego. W przypadku dodania 3% błonnika zmiany te nie zależą od ilości wymiany tłuszczu zwierzęcego na olej roślinny. Wyniki te potwierdzają obserwacje zmian aktywności wody. Aktywność wody zmienia się w próbach o mniejszej zawartości błonnika i nie zmienia się regularnie w próbach o 3% zawartości biopolimeru. Analiza wartości obu składowych czasów relaksacji spin-spin T_2 (Tab. 3) wskazuje, że te parametry przybierają tym większą wartość im więcej oleju, przy takiej samej ilości błonnika, dodano do produktu.

Można zauważyć, że wartości długiej składowej T_{22} wzrastają ze wzrostem ilości oleju roślinnego w układzie. Krótkie składowe czasów relaksacji spin-spin T_{21} zależą od ilości dodanych błonników.

Uzyskane wyniki wskazują, że błonnik dodany do produktów mięsno – tłuszczowych pełni rolę czynnika wiążącego wodę w układzie. Wzrost wartości długiej składowej czasów relaksacji spin-spin w układach zawierających tłuszcz roślinny wraz ze wzrostem jego zawartości może świadczyć o oddziaływaniach tłuszczowo - biopolimerowych. Potwierdzają

to wyniki pomiarów aktywności wody. Analiza wiązania wody w mięśniach przeprowadzona na podstawie badania parametrów makroskopowych i molekularnych wykazała związek między aktywnością wody a czasami relaksacji [Baranowska i Gajewska, 2013]. Na rysunku 1 przedstawiono zależności między aktywnością wody a czasami relaksacji.



Rysunek 1. Zależności pomiędzy aktywnością wody a czasami relaksacji w badanych produktach mięsno – tłuszczowych.

Przedstawione na rysunku 1 zależności pomiędzy równowagowymi wartościami aktywności wody w badanych produktach a czasami relaksacji spin-sieć T_1 i długą składową czasów relaksacji spin-spin T_{22} mogą świadczyć o tym, że olej oddziałuje ze składnikami biopolimerowymi. Jednocześnie w układzie wzrasta ilość wody wolnej. Pokazane na rysunku 1 zmiany wartości czasów relaksacji spin-sieć T_1 w zależności od zawartości oleju w produkcie oznaczają, że obniżenie wartości tego czasu ma związek z tworzeniem emulsji typu woda w oleju. Wykonane pomiary wskazują, że częściowa zamiana tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny może być zastosowana w produktach mięsnych. W związku ze wzrostem ilości wody wolnej w takim układzie zasadnym jest wprowadzenie dodatkowych składników wiążących wodę. Ilość takiego składnika powinna być wystarczająco duża aby spełnić rolę regulatora ilości wody wolnej w produkcie.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania potwierdziły zasadność wykorzystania zarówno oleju roślinnego jak i preparatu błonnika jako dodatku do wyrobów mięsnych.
2. W badanych produktach stwierdzono wpływ zamiany tłuszczu zwierzęcego na roślinny na wartości równowagowej aktywności wody oraz na parametry relaksacyjne. Obecność tłuszczu roślinnego zmniejsza wartość aktywności wody. Obserwowane zmniejszenie wartości czasów relaksacji ma związek z tworzenie emulsji typu woda w tłuszczu.
3. Dodatek błonników do produktów mięsno – tłuszczowych zmienia wiązanie wody. Obserwuje się zdecydowany wzrost ilości wody związanej w stosunku do ilości wody wolnej w układzie. Dodatkowo obecność biopolimeru ogranicza mobilność wody związanej. Efekty te są tym bardziej zauważalne im więcej błonnika wprowadzi się do produktu.

Literatura

Adamczak L., Pietrzak D., Florkowski T., Chmiel M., Jakość filetów z piersi kurcząt na rynku warszawskim w świetle wybranych wymagań rozporządzenia komisji (WE) nr 543/2008. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 2014, 579, 3–8.

Baranowska H.M., Gajewska-Szczerbal H., Application of low-field NMR technique for evaluation of the influence of functional additives on water attributes in pork meat. Fleischwirtschaft International, 2013, 27, 67-71.

Baranowska H.M., Water binding in poultry pates containing plant fats. Fleischwirtschaft International, 2009, 24, 86-88.

Baranowska H.M., Water molecular properties in forcemeats and finely ground sausages containing plant fat. Food Biophysics, 2011, 6, 133–137.

Carr H., Purcell E., Effects of diffusion on free precession in NMR experiments. Physics Review, 1954, 94, 630-638.

Fukushima, E., Roader, S.B.W., Experimental pulse NMR. A nuts and bolts approach. Addison-Wesley Publishing Company, London. 1981.

Hygreeva D., Pandey M.C., Radhakrishna K., Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. Meat Science, 2014, 98, 47-57.

Kowalczewski P.Ł., Lewandowicz G., Krzywdzińska-Bartkowiak M., Piątek M., Baranowska H.M., Białas W., Jeziorna M., Kubiak P., Finely comminuted frankfurters fortified with potato juice – Quality and structure. Journal of Food Engineering, 2015, 167, 183–188.

Lewicki P.P., Water as the determinant of food engineering properties. A review. Journal of Food Engineering, 2004, 61, 483-495.

Makała H. Effect of enriching model meat products with oils, abundant in polyunsaturated fatty acids on the selected quality parameters. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2007, 10, 2.

Makała H., Olkiewicz M., Moch P., Characteristics of sensory quality of bologna-type sausage from polish and italian markets. *Acta Scientorum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2006, 5 (2), 107-116.

Makała H., Effect of fat substitutes on physico-chemical characteristics and rheological properties of meat product. *Acta Agrophysica*, 2002, 77, 61-73.

Makała H., Jerzewska M., Charakterystyka jakości modelowych przetworów mięsnych zawierających dodatek mono i polienowych kwasów tłuszczowych. *Tłuszcze Jadalne*, 2008, 43, ¾, 99-110.

Meiboom S., Gill D., Modified spin-echo method for measuring nuclear relaxation times. *Review of Scientific Instruments*, 1958, 29, 668–691.

Mitchell J., Gladden L.F., Chandrasekera T.C., Fordham E.J., Low-field permanent magnets for industrial process and quality control. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*, 2014, 76, 1–60.

PN 75/A-04018 Produkty rolno-spożywcze. Oznaczanie zawartości azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.

PN ISO 1442 2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody.

PN ISO 1444 2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu.

Stangierski J., Rezler R., Baranowska H.M., Poliszko S., Effect of enzymatic modification on chicken surimi. *Czech Journal of Food Science*, 2012, 30, 404-411.

Stępień A., Witczak T., Witczak M., Aktywności wody a bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności. W: Tarko T., Duda-Chodak A., Witczak M., Najgebauer-Lejko D., (red)., *Technologia produkcji i bezpieczeństwo żywności*. Wyd. Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, 2014, 264-272.

Węglarz W.P., Harańczyk H., Two-dimensional analysis of the nuclear relaxation function In the time domain: The program CracSpin. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2000, 33, 1909-1920.

BOŻENA GRZEŚ, BEATA MIKOŁAJCZAK, EWA IWAŃSKA, ANITA SPYCHAJ,
BOŻENA DANYLUK, EDWARD POSPIECH

Instytut Technologii Mięsa

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

bgrzes@up.poznan.pl

ANALIZA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI MIĘSA WIEPRZOWEGO PODDANEGO ZRÓŻNICOWANEJ SZYBKOŚCI SCHŁADZANIA

Streszczenie

W pracy zbadano wpływ zróżnicowanej szybkości schładzania mięsa wieprzowego na jego wartości pH i maksymalnej siły cięcia, a także wielkości ubytków przechowalniczych i termicznych, niezależnie od terminu badań. Materiał doświadczalny stanowiło 5 mięśni najdłuższych grzbietu (*m. longissimus dorsi* – LD) wyciętych z półtuszy świń bezpośrednio po uboju. Proces wychładzania mięsa prowadzono w czterech wariantach, z uwzględnieniem następujących szybkości schładzania: 0,15°C/min (A), 0,27°C/min (B), 0,18°C/min (C), 0,23°C/min (D). Próbkę kontrolną (K) stanowił mięsień LD pozyskany z półtuszy wieprzowych wychładzanych metodą konwencjonalną (ok. 0,12°C/min). Próby z wariantów C i D poddano dodatkowo zabiegowi przeciwdziałającemu skurczowi chłodniczemu. Pomiary wartości pH przeprowadzono 45' po uboju oraz w czterech dalszych terminach tj. 2-3 h, 24 h, 48 h i 6 dni *post mortem*. Ocenę kruchości (na podstawie testu cięcia) i wodochłonności (poprzez wyznaczenie w procentach wielkości ubytków przechowalniczych i termicznych) - w dwóch terminach (48 h i 6 dni *post mortem*). Najlepszą kruchość mięsa wykazano dla wariantów C (27,49 N/cm²) i D (25,35 N/cm²). Najgorszą kruchością odznaczały się próby z wariantu B (82,02 N/cm²), niezależnie od terminu badań. Jednocześnie w przypadku prób z wariantów C i D, które charakteryzowały się wyższymi wartościami pH, uzyskano istotnie ($p \leq 0,01$) mniejsze ubytki przechowalnicze i termiczne w porównaniu do wariantów A, B i K, niezależnie od terminu badań. Zwiększenie szybkości wychładzania mięsa wieprzowego przy równoczesnym zastosowaniu zabiegu przeciwdziałającego skurczowi chłodniczemu może więc skutkować polepszeniem jego właściwości.

Słowa kluczowe: mięso wieprzowe, schładzanie, test cięcia, wodochłonność

Wprowadzenie

Schładzanie poubojowe tusz zwierząt rzeźnych stanowi ważne ogniwo w produkcji mięsa wysokiej jakości, przeznaczonego zarówno na cele kulinarne, jak i przetwórcze. Celem tego procesu jest spowolnienie przemian enzymatycznych zachodzących w tkance mięśniowej, zmniejszenie stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego tusz oraz zapewnienie prawidłowego przebiegu zmian w trakcie dojrzewania mięsa, co daje możliwość uzyskania wysokowartościowego surowca rzeźnego [Savell i in., 2005; Cegiełka, 2009; Pisula i Florowski, 2011; Chwastowska-Siwiecka i Skiepmo, 2014; Rybarczyk, 2015].

W ostatnich latach dużą uwagę poświęca się szybkim metodom wychładzania tusz wieprzowych, które w większości przypadków korzystnie wpływają na jakość mięsa poprzez ograniczenie rozwoju mikroorganizmów, poprawę wodochłonności (niższy wyciek soku mięsnego) oraz zmniejszenie występowania wady PSE [van der Wal, 1995; Borzuta, 1999; Kerth i in., 2001; Springer i in., 2003; Tomović i in., 2008; Juarez i in., 2009; Lenahan i in. 2009; Rosenvold i in., 2010; Pisula i Florowski, 2011; Xu i in., 2012; Zybert i in., 2013; Rybarczyk i in., 2015]. Należy jednak mieć na uwadze, że zbyt szybkie chłodzenie może doprowadzić do wystąpienia skurczu chłodniczego związanego z pogorszeniem jakości mięsa, w tym m.in. jego kruchości [Bendall, 1975; Jones i in., 1993; Miszczuk, 2009; Pospiech i in., 2011; Rybarczyk, 2015]. W przypadku tusz wieprzowych to zjawisko jest jednak rzadko odnotowywane [Bendall, 1975; Honikel i in., 1986; Huff-Lonerger i Page, 2003; Savell i in., 2005; Pisula i Florowski, 2011], co nie wyklucza całkowicie występowanie zagrożenia.

Odpowiednio dobrana metoda wychładzania oraz jej parametry umożliwiają polepszenie jakości mięsa, zwłaszcza w zakresie zminimalizowania ubytków masy, a także uzyskania pożądanej barwy, kruchości i soczystości mięsa [Savell i in., 2005; Florowski i in., 2011; Rybarczyk, 2015].

Celem pracy była ocena wybranych właściwości (na podstawie pomiaru wartości pH i siły cięcia oraz wielkości ubytków przechowalniczych i termicznych) mięsa wieprzowego poddanego zróżnicowanej szybkości schładzania, niezależnie od terminu badań.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym był mięsień najdłuższy grzbietu (*m. longissimus dorsi* – LD) wycięty z 5 prawych półtuszy świń bezpośrednio po uboju. Następnie poddano go wychładzaniu w czterech wariantach (A, B, C, D) z uwzględnieniem następujących szybkości schładzania: 0,15°C/min (A), 0,27°C/min (B), 0,18°C/min (C), 0,23°C/min (D). Próba odniesienia dla powyższych wariantów była próba kontrolna (K), którą stanowił mięsień LD pozyskany z półtuszy wieprzowych wychładzanych metodą konwencjonalną (ok. 0,12°C/min). Próby z wariantów C i D poddano dodatkowo zabiegowi przeciwdziałającemu zjawisku skurczu chłodniczego.

Pomiary wartości pH w wieprzowym mięśniu LD przeprowadzono 45 minut po uboju oraz po 2-3 h, 24 h, 48 h i 6 dniach *post mortem*, przy użyciu przenośnego pehametru Handylab 2 firmy Schott (na linii ubojowej) albo pehametru CG840 (w laboratorium) z zespoloną elektrodą serii Blue Line.

Kruchość mięsa (po obróbce termicznej) określono w 48 h i w 6-tym dniu *post mortem* na podstawie pomiaru wartości maksymalnej siły cięcia próbek mięśnia LD, przy pomocy tekstuometru TA.XT.plus firmy Stable Micro Systems (UK), z przystawką Warnera-Bratzlera. Obróbkę cieplną prób prowadzono w piecu konwekcyjno-parowym (model SCC 61C) firmy Rational, z ustawieniem pracy w kombinacji pary (75 %) i gorącego powietrza (160°C), do momentu uzyskania w centrum geometrycznym plastra mięsa temp. 72°C. Podczas wykonywania testu cięcia zwrócono uwagę na prostopadły układ włókien mięśniowych w próbce w stosunku do płaszczyzny cięcia.

W tych samych terminach badań (48 h i 6 dni *post mortem*) dokonano oceny wodochłonności mięsa poprzez wyznaczenie w procentach wielkości ubytków jego masy w czasie przechowywania i ogrzewania.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie STATISTICA 10 (StatSoft, Polska). Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), wykorzystując test HSD Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,01$.

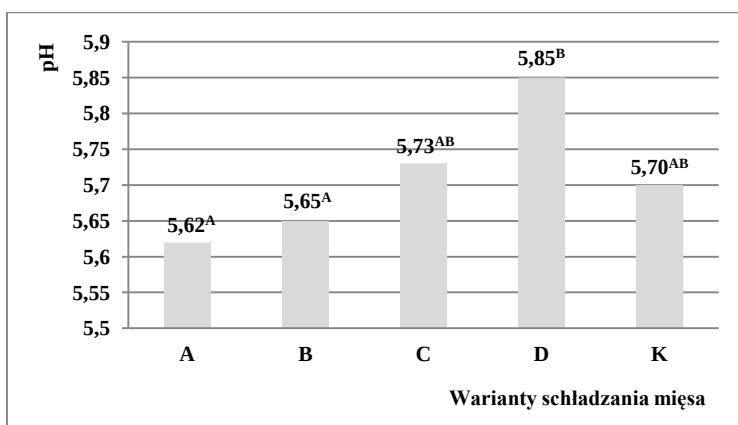
Wyniki i dyskusja

Wyniki analizy wariancji uwzględniające wpływ wariantu schładzania mięsa wieprzowego na jego wartości pH i maksymalną siłą cięcia oraz wielkość ubytków przechowalniczych i termicznych, niezależnie od terminu badań, zamieszczono na rys. 1-3.

Pomiar wartości pH 45 minut po uboju został przeprowadzony celem wyeliminowania z badań tusz świń charakteryzujących się mięsem PSE, gdyż zakłócałoby to analizę obserwowanych zależności związanych z wpływem szybkości procesu wychładzania na jakość mięsa.

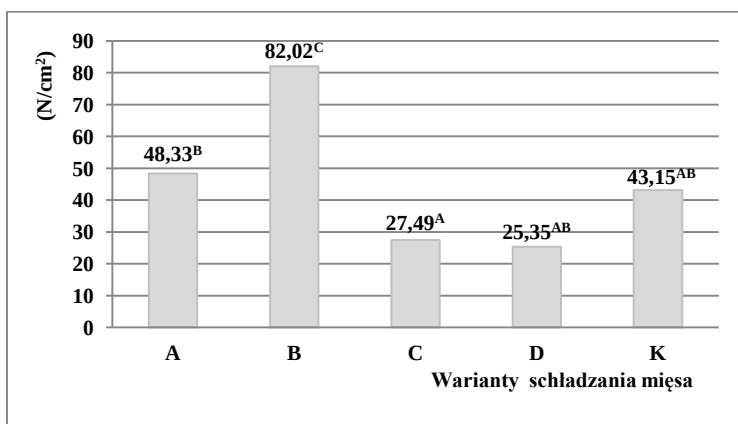
Najniższe wartości pH, uśrednione dla wszystkich terminów poza pomiarem 45 minut po uboju, osiągnęły próby mięśnia *longissimus dorsi* (LD) pozyskane z wariantów A (5,62) i B (5,65), niezależnie od terminu badań (rys. 1). Powyższe warianty poddano wychładzaniu odpowiednio z szybkością $0,15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i $0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Z kolei najwyższą wartość pH osiągnięto w przypadku prób z wariantu D (5,85), wychładzanego z szybkością $0,23^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Uzyskana wartość tego wskaźnika dla wariantów A ($0,15^{\circ}\text{C}/\text{min}$), B ($0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$) i C ($0,18^{\circ}\text{C}/\text{min}$) nie różniła się istotnie ($p \leq 0,01$) od średniej wartości pH dla próby kontrolnej tj. dla wariantu K (5,70), poddanego wychładzaniu z szybkością ok. $0,12^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

Wysoko istotne ($p \leq 0,01$) różnice w wartości pH stwierdzono natomiast pomiędzy wariantami A i B w stosunku do D (rys. 1).



Rysunek 1. Wpływ wariantu schładzania mięsa wieprzowego na jego wartość pH, niezależnie od terminu badań

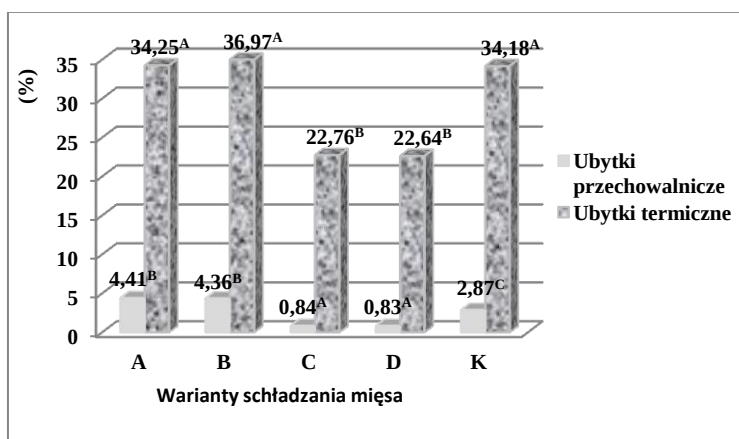
Najniższe wartości siły cięcia, a tym samym najlepszą kruchość mięsa wieprzowego, niezależnie od terminu badań, uzyskano dla wariantów C (27,49 N/cm²) i D (25,35 N/cm²), które wychładzano odpowiednio z szybkością 0,18°C/min i 0,23°C/min. Najgorszą kruchością, dzięki najwyższym wartościom siły cięcia, odznaczały się natomiast próby z wariantu B (82,02 N/cm²), poddane wychładzaniu z szybkością 0,27°C/min. Wysoko istotnie statystycznie ($p \leq 0,01$) różnice w zakresie analizowanej właściwości mięsa odnotowano pomiędzy wariantami A (0,15°C/min) i B (0,27°C/min) oraz C (0,18°C/min). Jednocześnie zaobserwowano brak istotnych różnic w wartościach siły cięcia pomiędzy próbą kontrolną (K - ok. 0,12°C/min) i wariantami A, C oraz D (rys. 2).



Rysunek 2. Wpływ wariantu schładzania mięsa wieprzowego na wartości siły cięcia (N/cm²), niezależnie od terminu badań

Ubytki przechowalnicze pozyskane z różnych wariantów poubojowego schładzania mięsa wieprzowego, niezależnie od terminu badań, mieściły się w przedziale 0,8-4,4% (rys. 3). Najlepszą wodochłonność, czyli najniższe ubytki przechowalnicze osiągnięto w przypadku prób z wariantów D (0,83%) i C (0,84%). Powyższe warianty poddano wychładzaniu z szybkością odpowiednio 0,23°C/min i 0,18°C/min. Z kolei najwyższy procent ubytków naturalnych z mięsa wieprzowego, niezależnie od terminu badań, odnotowano dla wariantów A (4,41%) i B (4,36%) o odpowiednich szybkościach wychładzania 0,15°C/min i 0,27°C/min. Próba kontrolna (K - ok. 0,12°C/min) osiągnęła natomiast ubytki na poziomie 2,87%. Statystycznie istotne ($p \leq 0,01$) różnice w wielkości tego wskaźnika odnotowano pomiędzy wariantami A, B i C, D oraz K (rys. 3).

Ubytki termiczne z mięsa wieprzowego były znacznie wyższe od przechowalniczych i mieściły się w przedziale 22-37% (rys. 3). Tak jak w przypadku ubytków przechowalniczych, z wariantów C ($0,18^{\circ}\text{C}/\text{min}$) i D ($0,23^{\circ}\text{C}/\text{min}$) pozyskano najniższe ubytki termiczne (odpowiednio 22,64% i 22,76%). Najwyższe ubytki cieplne osiągnęły natomiast próby z wariantów B (36,97%) i A (34,25%) poddanych odpowiednio wychładzaniu z szybkością $0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i $0,15^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Podobną wielkość tego wskaźnika, w porównaniu do ostatnich prób (B i A), uzyskano z wariantu K (34,18%), wobec którego zastosowano szybkość wychładzania na poziomie ok. $0,12^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Statystycznie istotne ($p \leq 0,01$) różnice w wielkości ubytków termicznych wystąpiły pomiędzy wariantami A, B, K i C, D (rys. 3).



Rysunek 3. Wpływ wariantu schładzania mięsa wieprzowego na wielkość ubytków przechowalniczych i termicznych (%), niezależnie od terminu badań

Analizując powyższe wyniki zaobserwowano, że próby mięsa wieprzowego wychładzane z szybkością $0,18^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (wariant C) i $0,23^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (wariant D) osiągnęły najwyższe wartości pH (odpowiednio 5,73 i 5,85) (rys. 1). Jednocześnie wyróżniały się one pod względem kruchości i wodochłonności osiągając odpowiednio najniższe wartości siły cięcia ($27,49 \text{ N}/\text{cm}^2$ i $25,35 \text{ N}/\text{cm}^2$) (rys. 2), a zarazem najmniejsze ubytki przechowalnicze (0,84% i 0,83%) i termiczne (22,76% i 22,64%) (rys. 3), w porównaniu do pozostałych wariantów (A – $0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$, B – $0,18^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i K – ok. $0,12^{\circ}\text{C}/\text{min}$). Powyższe wynikało prawdopodobnie z faktu poddania prób tylko z tych dwóch wariantów (C i D) dodatkowemu zabiegowi przeciwdziałającemu zjawisku skurczu chłodniczego. Wysoka wartość pH osiągnięta przez te próby, a także przeciwdziałanie wytworzeniu się połączeń między aktyną i miozyną, dwoma głównymi białkami uczestniczącymi w kontrakcji mięśni, mogły stanowić główne czynniki sprzyjające szybkiej poprawie kruchości mięsa, jego wodochłonności, a przez to i soczystości. Na istotną zależność pomiędzy końcową wartością pH, rozmiarem skurczu włókien mięśniowych a wielkością ubytków naturalnych i termicznych z mięsa wskazywano już we wcześniejszych badaniach [Honikel, 1999].

Powstanie skurczu chłodniczego jest związane ze zbyt szybkim wychładzaniem poubojowym tusz zwierząt rzeźnych (temperatura poniżej 12°C przy pH powyżej 6,2) i z punktu widzenia jakości mięsa należy to zjawisko traktować jako niekorzystne [Pisula

i Florowski, 2011]. Wskutek nadmiernej kontrakcji powierzchniowych mięśni istnieje bowiem ryzyko częstszego występowania mięsa wadliwego oraz pogorszenia kruchości i smakowitości mięsa [Rybarczyk, 2015].

W praktyce przemysłowej stosuje się różne metody poubojowego wychładzania tusz i ciągle dąży się do ich udoskonalenia [Borzuta, 2006; Pisula i Florowski, 2011]. W ostatnim czasie prowadzone były badania nad możliwością zastosowania mikrostrumieni do chłodzenia mięsa, z których wynika, że istnieje możliwość znacznego obniżenia czasu chłodzenia półtuszy w porównaniu do metod konwencjonalnych [Rusowicz i in., 2013].

W celu zapewnienia wysokiej jakości mięsa wieprzowego pozyskiwanego zarówno na cele kulinarne, jak i przetwórcze zaleca się stosowanie szybkich metod wychładzania tusz, czego przykładem może być dwustopniowy system wychładzania, z wykorzystaniem szoku chłodniczego [Borzuta, 2006; Pisula i Florowski, 2011; Rybarczyk, 2015]. Generalnie daje on lepsze efekty ekonomiczne poprzez skrócenie czasu wychładzania, minimalizację strat masy oraz zmniejszenie stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego tusz [Borzuta, 1999; Huff-Lonerger i Page, 2003; Pisula i Florowski, 2011; Rybarczyk, 2015]. Dodatkowo niektórzy badacze wykazali, że szybkie wychładzanie tusz wieprzowych istotnie wpływa na zmniejszenie ubytków masy tusz, pociemnienie barwy i niższy wyciek z mięsa, a także na ograniczenie występowania mięsa z wadą PSE [Bertram i in., 2001; Kerth i in., 2001; Springer i in., 2003; Tomović i in., 2008; Zybert i in., 2013; Rybarczyk i in., 2015]. Wyniki innych badań wskazywały natomiast na brak poprawy właściwości fizykochemicznych mięsa kulinarnego pozyskanego z tusz wieprzowych wychładzanych tym systemem w porównaniu do metody konwencjonalnej [Miszczuk, 2009]. W tym przypadku odnotowano wręcz nasilony wyciek naturalny z mięsa wieprzowego oraz większe straty w procesie peklowania i parzenia. Głębsza analiza uzyskanych wyników pozwoliła na stwierdzenie, że efekt szybkiego wychładzania tusz zależy od zasobów glikolitycznych tkanki mięśniowej we wczesnym okresie *post mortem* (45 min) [Miszczuk, 2009].

Na podstawie wyników badań uzyskanych z niniejszej pracy wykazano lepszą kruchość (niższe wartości siły cięcia) i wodochłonność (mniejsze ubytki przechowalnicze i termiczne) dla prób z wariantów C ($0,18^{\circ}\text{C}/\text{min}$) i D ($0,23^{\circ}\text{C}/\text{min}$) poddanych dodatkowo zabiegowi przeciwdziałającemu zjawisku skurczu chłodniczego, w porównaniu do pozostałych wariantów (A - $0,15^{\circ}\text{C}/\text{min}$, B - $0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i K - ok. $0,12^{\circ}\text{C}/\text{min}$), wobec których powyższego zabiegu nie zastosowano. Jednocześnie odnotowano, że najintensywniejszy proces wychładzania prowadzony w wariantcie B ($0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$) istotnie ($p \leq 0,01$) wpłynął na pogorszenie badanych wskaźników jakościowych mięsa wieprzowego. Na podstawie powyższego stwierdzono więc, że zwiększenie szybkości wychładzania mięsa wieprzowego przy równoczesnym zastosowaniu zabiegu przeciwdziałającego skurczowi chłodniczemu może skutkować polepszeniem jego właściwości kulinarnych i technologicznych.

Wnioski

1. Najniższe wartości siły cięcia, a tym samym najlepszą kruchość osiągnęło mięso wychładzane z szybkością $0,18^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (wariant C) i $0,23^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (wariant D). Najgorszą kruchością odznaczały się natomiast próby wychładzane z szybkością $0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (wariant B), niezależnie od terminu badań.
2. Próby z wariantów C ($0,18^{\circ}\text{C}/\text{min}$) i D ($0,23^{\circ}\text{C}/\text{min}$), które charakteryzowały się wyższymi wartościami pH odznaczały się jednocześnie istotnie ($p \leq 0,01$) mniejszymi ubytkami przechowalniczymi i termicznymi, w porównaniu do prób z wariantów A ($0,15^{\circ}\text{C}/\text{min}$), B ($0,27^{\circ}\text{C}/\text{min}$) i K (ok. $0,12^{\circ}\text{C}/\text{min}$), niezależnie od terminu badań.
3. Lepsza kruchość i wodochłonność mięsa poddanego wychładzaniu w wariantach C i D mogła mieć związek z dodatkowym zastosowaniem zabiegu przeciwdziałającego zjawisku skurczu chłodniczego.
4. Zwiększenie szybkości wychładzania mięsa wieprzowego przy równoczesnym zastosowaniu zabiegu przeciwdziałającego skurczowi chłodniczemu może skutkować polepszeniem jego właściwości kulinarnych i technologicznych.

Badania przeprowadzono w ramach projektu (umowa nr INNOTECH-K2/IN2/43.182391/NCB) realizowanego przez Instytut Technologii Mięsa we współpracy z firmą COBRABID w latach 2013-2014.

Literatura

- Bendall J.R., Cold-contraction and ATP-turnover in the red and white musculature of the pig post mortem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1975, 26 (1), 55-71.
- Bertram H.C., Dønstrup S., Karlsson A.H, Andersen H.J., Stødkilde-Jørgensen H., Post mortem energy metabolism and pH development in porcine m. longissimus dorsi as affected by two different cooling regimes. A sup/31/P-NMR spectroscopic study. *Magnetic Resonance Imaging*, 2001, 19 (7), 993-1000.
- Borzuta K., Effect of very quick chilling of pork carcasses on meat quality and the level of carcass surface contamination. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*, 1999, 36, 77-91.
- Borzuta K., Aktualne poglądy na temat systemów wychładzania tusz zwierząt rzeźnych. *Chłodnictwo*, 2006, 1-2, 66-69.
- Cegielka A., Metody wychładzania tusz a jakość mięsa. *Gospodarka Mięсна*, 2009, 2, 6-13.
- Chwastowska-Siwiecka I., Skiepmo N., Poubojowe wychładzanie tusz zwierząt rzeźnych. *Gospodarka Mięсна*, 2014, 4, 14-19.
- Florowski T., Pisula A., Pospiech E., Łańcuch produkcji mięsa wysokiej jakości. W: Pisula A. i Pospiech E. (red.), *Mięso - Podstawy Nauki i Technologii*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2011, 249-262.
- Honikel K.O., Kim C.J., Hamm R., Roncales P., Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, 1986, 16, 267-282.

- Honikel K.O., Biochemical and physico-chemical characteristics of meat quality. *Meat Technology*, 1999, 40 (3-5), 105-123.
- Huff-Lonergan E., Page J., The role of carcass chilling in the development of pork quality. National Pork Producers Council, American Meat Science Association (AMSA), Des Moines, IA, USA, 2003, 1-7.
- Jones S.D.M., Jeremiah L.E., Robertson W.M., The effects of spray and blast-chilling on carcass shrinkage and pork muscle quality. *Meat Science*, 1993, 34, 351-361.
- Juarez M., Caine W.R., Larsen I.L., Robertson W.M., Dugan M.E.R., Aalhus J.L., Enhancing pork loin quality attributes through genotypes, chilling method and ageing time. *Meat Science*, 2009, 24, 447-453.
- Kerth C.R., Carr M.A., Ramsey C.B., Brooks J.C., Johnson R.C., Cannon J.E., Miller M.F., Vitamin-mineral supplementation and accelerated chilling effects on quality of pork from pigs that are monomutant or noncarriers of the halothane gene. *Journal of Animal Science*, 2001, 79, 2346-2355.
- Lenahan M., Crowley H., O'Brien S.B., Byrne C., Sweeney T., Sheridan J.J., The potential use of chilling to control the growth of *Enterobacteriaceae* on porcine carcasses and the incidence *E. coli* O157:H7 in pigs. *Journal of Applied Microbiology*, 2009, 106, 1512-1520.
- Miszcuk B., System wychładzania tusz wieprzowych w procesie technologicznym zakładów mięsnych jako czynnik modyfikujący wartość kulinarną i przetwórczą mięsa. Rozprawa doktorska, Akademia Podlaska, Siedlce, 2009.
- Pisula A., Florowski T., Wychładzanie poubojowe tusz. W: Pisula A. i Pospiech E. (red.), *Mięso - Podstawy Nauki i Technologii*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2011, 105-110.
- Pospiech E., Grześ B., Elminowska-Wenda G., Przemiany białek. W: Pisula A. i Pospiech E. (red.), *Mięso - Podstawy Nauki i Technologii*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2011, 200-225.
- Rosenvold K., Borup U., Therkildsen M., Stepwise chilling: tender pork without compromising water-holding capacity. *Journal of Animal Science*, 2010, 88 (5), 1830-1841.
- Rusowicz A., Pospiech E., Baranowski P., Piwnik J., Ocena szybkości schładzania mięsa wieprzowego za pomocą mikrostrumieni. *Chłodnictwo*, 2013, 6, 34-36.
- Rybarczyk A., Wpływ metody wychładzania tusz wieprzowych na właściwości mięsa. *Gospodarka Mięсна*, 2015, 2, 10-13.
- Rybarczyk A., Karamucki T., Pietruszka A., Rybak K., Matysiak B., The effect of blast chilling on pork quality. *Meat Science*, 2015, 101, 78-82.
- Savell J.W., Meller S.L., Baird B.E., The chilling of carcasses. *Meat Science*, 2005, 70, 449-459.
- Springer M.P., Carr M.A., Ramsey C.B., Miller M.F., Accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. *Journal of Animal Science*, 2003, 81(6), 1464-1472.

Tomović V.M., Petrović L.S., Džinić N.R., Effects of rapid chilling of carcasses and time of deboning on weight loss and technological quality of pork semimembranosus muscle. *Meat Science*, 2008, 80(4), 1188-1193.

van der Wal P.G., Engel B., van Beek G., Veerkamp C.H., Chilling pig carcasses: Effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Science*, 1995, 40 (2), 193-202.

Zybert A., Sieczkowska H., Antosik K., Krzęcio-Niczyporuk E., Adamczyk G., Koćwin-Podsiadła M., Relationship between glycolytic potential and meat quality of Duroc pigs with consideration of carcass chilling system. *Annals of Animal Science*, 2013, 13 (3), 645-654.

Xu Y., Huang J.C., Huang M., Xu B.C., Zhou G.H., The effects of different chilling methods on meat quality and calpain activity of pork muscle longissimus dorsi. *Journal of Food Science*, 2012, 77 (1), C27-C32.

ANNA POŁCZYŃSKA

Wielkopolskie Centrum Klasteringu

Instytut Logistyki i Magazynowania

anna.polczynska@ilim.poznan.pl

anna.polczynska@wielkopolskiklastering.pl

RUCH KLASTROWY JAKO CZYNNIK WSPOMAGAJĄCY INNOWACYJNOŚĆ WIELKOPOLSKIEJ GOSPODARKI. POLITYKA KLASTROWA WCZEŚNIEJ I DZIŚ

Streszczenie

Temat klastrów, inicjatyw klastrowych, czy powiązań kooperacyjnych poruszany jest od bardzo dawna. W ostatnich kilku latach w województwie wielkopolskim powstało i rozwinęło działalność kilkadziesiąt inicjatyw klastrowych. Obecnie wiadomo, że jest ich około 50, z czego 26 jest aktywnych, a 21 spośród nich należy do Wielkopolskiego Centrum Klasteringu. Warto zauważyć, iż Wielkopolska pod względem liczebności inicjatyw klastrowych wyraźnie wyróżnia się na tle innych województw.

Ruch klastrowy od początku był w istotny sposób stymulowany przez dostępne wsparcie publiczne. W chwili obecnej, po kilku latach funkcjonowania, mamy do czynienia z jednej strony ze sporym bagażem doświadczeń w zakresie rozwoju współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami, jednostkami naukowymi, instytucjami otoczenia i administracją, które owocują nowymi pomysłami oraz kompetencjami do ich realizacji. Z drugiej strony, wraz z wejściem w nową perspektywę budżetową UE, zmianie uległ zarówno zakres, jak i forma wsparcia publicznego dostępnego na szeroko rozumiany rozwój gospodarczy i innowacyjny. Zmiany te przede wszystkim ograniczą bezpośrednie wsparcie na tzw. „funkcjonowanie inicjatywy klastrowej” i przesuną je w kierunku działań wzmacniających potencjał konkurencyjny i innowacyjny przedsiębiorstw, co będzie wymagać nowego dostosowania strategii rozwojowej przez inicjatywy klastrowe [Szultka, 2015].

Słowa kluczowe: inicjatywa klastrowa, innowacyjność, konsolidacja, nowa perspektywa budżetowa, wsparcie publiczne, współpraca

Wprowadzenie

Przedmiotem niniejszego referatu jest kwestia liczebności inicjatyw klastrowych w województwie Wielkopolskim oraz nowe podejście do rozwoju strategii, uwzględniające nową perspektywę budżetową UE na lata 2014 – 2020. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż w okresie finansowym UE 2007–2013 inicjatywy klastrowe otrzymywały bezpośrednie wsparcie na tzw. „funkcjonowanie inicjatywy klastrowej”. Oznacza to, że dotychczasowy ruch klastrowy od początku był w istotny sposób stymulowany przez dostępne wsparcie publiczne. W chwili obecnej, po kilku latach funkcjonowania na rynku, można zaobserwować duży bagaż doświadczeń w zakresie rozwoju współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami, jednostkami naukowymi, instytucjami otoczenia i administracją, które zaczynają owocować nowymi pomysłami oraz kompetencjami do ich realizacji. Głównym przedmiotem projektów realizowanych przez inicjatywy klastrowe wielkopolski były:

- promocja (udział w targach i konferencjach, przygotowanie serwisów internetowych, promocja w mediach branżowych),
- opracowanie strategii rozwoju,
- spotkania robocze, konsultacje, itp,
- misje gospodarcze,
- audyt innowacji,
- w niewielkim stopniu prace badawczo-rozwojowe, które kończyły się wnioskiem patentowym, stworzeniem innowacyjnego prototypu, czy próbą stworzenia nowych, udoskonalonych produktów.

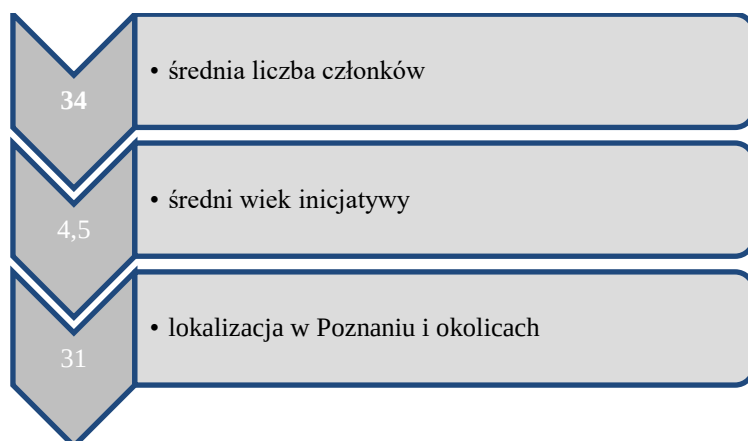
Nowa perspektywa budżetowa UE zmienia zarówno zakres, jak i formy wsparcia publicznego w kierunku szeroko rozumianego rozwoju gospodarczego i innowacyjnego poprzez wyraźne przesunięcie wsparcia w kierunku działań wzmacniających potencjał konkurencyjny i innowacyjny przedsiębiorstw. Jednym słowem nowa perspektywa finansowa będzie wymagać od inicjatyw klastrowych dostosowania strategii rozwojowej.

Czy inicjatywy klastrowe sprostają nowemu zadaniu? Czy odnajdą się na rynku? Czy wzmocnią innowacyjność i konkurencyjność gospodarki regionu? Czy wykorzystają i wzmocnią swój potencjał? Czy działania podjęte przez samorząd regionalny będą stymulowały wykształcenie się Regionalnych Klastrow Kluczowych? Czy inicjatywy klastrowe poddadzą się procesowi konsolidacji? Jak wygląda innowacyjność w Polsce i na świecie? Na te i inne pytania postara się odpowiedzieć niniejszy referat, do napisania którego wykorzystano analizy istniejących inicjatyw klastrowych na runku wielkopolskim oraz publikacje nt. innowacyjności, jak i efekty spotkań z liderami inicjatyw klastrowych w temacie wsparcia inicjatyw klastrowych w województwie Wielkopolskim do 2020 r.

Inicjatywy klastrowe w Wielkopolsce

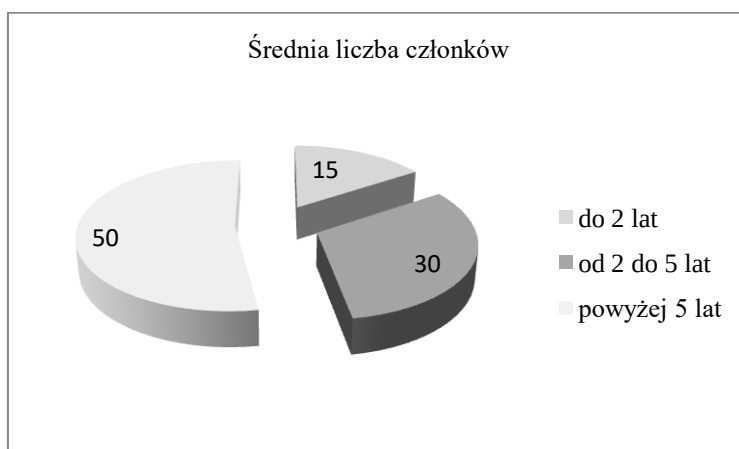
Temat klastrow, inicjatyw klastrowych, czy powiązań kooperacyjnych poruszany jest od bardzo dawna. W ostatnich kilku latach w województwie wielkopolskim powstało i rozwinęło działalność kilkadziesiąt inicjatyw klastrowych. Obecnie w Wielkopolsce jest ich około 50, z czego 26 jest aktywnych, a 21 spośród nich należy do Wielkopolskiego Centrum Klasteringu. Niektóre inicjatywy klastrowe zostały zlikwidowane, 14 jest w zawieszeniu, a na temat kilku z nich brak jakichkolwiek informacji (nieaktywna strona www, nieaktywny telefon, e-mail).

Poniższy schemat prezentuje charakterystykę inicjatyw klastrowych Wielkopolski.



Rysunek 1. Charakterystyka inicjatyw klastrowych w Wielkopolsce

Aktywne oraz będące w zawieszeniu inicjatywy klastrowe w swoich szeregach mają średnio 34 mikro, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw. Do liczby członków należy wliczyć również uczelnie wyższe, instytuty badawcze oraz jednostki otoczenia biznesu. Średni wiek inicjatywy klastrowej występującej w Wielkopolsce to 4,5 roku. Większość z nich posiada lokalizację w Poznaniu, bądź najbliższych okolicach. Charakterystyczne dla tego środowiska jest to, że czym starsza inicjatywa klastrowa, tym większa liczba członków. Największą grupę stanowią inicjatywy klastrowe założone między 2009 a 2014r. mające od 2 do 5 lat. Ok. 50% z nich posiada średnio 30 członków, a ok. 30% to inicjatywy klastrowe istniejące powyżej 5 lat na rynku, posiadające średnio 50 członków. Najmłodsze inicjatywy klastrowe, założone w ostatnich 2 latach, stanowią 20% na rynku wielkopolskim i mają średnio w swojej strukturze ok. 15 członków.



Rysunek 2. Wiek inicjatywy klastrowej a liczba członków.

Warto zauważyć, iż największą grupę stanowią inicjatywy klastrowe powstałe w okresie finansowym UE 2007–2013. Organizacje te, na podstawie analizy członków Wielkopolskiego Centrum Klasteringu, otrzymały bezpośrednie wsparcie m.in. na promocję, budowę strategii rozwoju, organizację spotkań, warsztatów, misje gospodarcze, audyty. W niewielkim stopniu inicjatywy klastrowe w regionie Wielkopolskim podejmowały się realizacji prac badawczo rozwojowych, których efektem były wnioski patentowe, prototypy czy innowacje. Wynika to z faktu, iż dotychczasowy ruch klastrowy był w istotny sposób stymulowany przez dostępne wsparcie publiczne bez wyraźnego partycypowania w kosztach ich funkcjonowania przez przedsiębiorców. Z analizy programów finansujących w regionie wielkopolskim [Rys. 3] wynika, iż wiek inicjatywy (czas powstania) wyraźnie przekłada się na liczbę członków i nieodwrotnie powiązany jest z okresem finansowania i ogłoszonymi konkursami finansowymi takimi jak voucher dla inicjatyw klastrowych, przedsiębiorstw, czy Wielkopolski Regionalny Program Operacyjny (WRPO).



Rysunek 3. Czas powstania inicjatyw klastrowych a działanie 1.6 WRPO

Do wyjątków można zaliczyć inicjatywy klastrowe, które realizowały i realizują swoje działania we własnym zakresie i nie były stymulowane przez wsparcie publiczne.

Nowy program wsparcia rozwoju inicjatyw klastrowych w województwie wielkopolskim

Spróbujmy zatem określić jak powinien wyglądać nowy program wsparcia rozwoju klastrów w województwie Wielkopolskim, żeby inicjatywy klastrowe skupiały główną swoją energię na wzmocnieniu innowacyjności i konkurencyjności gospodarki regionu oraz wykorzystywały i wzmacniały dotychczasowo zbudowany potencjał w kierunku Regionalnych Klastrow Kluczowych.

Inicjatywy klastrowe będą musiały w swoich strategiach określić, w jaki sposób doprowadzić do stanu, w którym w 2020r. całkowicie wyeliminują zewnętrzne źródła wsparcia w postaci publicznych dotacji. Ze spotkań z liderami inicjatyw klastrowych wynika, iż wsparcie publiczne powinno wygasać stopniowo, tak aby inicjatywy klastrowe mogły utrzymać się samodzielnie, co w końcowym efekcie przyczyni się do wyłonienia

Regionalnych Klastrow Kluczowych. Z przeprowadzonych analiz wynika, że w nadchodzących 3-4 latach inicjatywy klastrowe, zanim się usamodzielnią, powinny mieć dostęp i możliwość wykorzystywania szeregu instrumentów wsparcia. Niemniej istotną kwestią jest, czy liderzy inicjatyw klastrowych oraz innych podmiotów tj. organizacji przedsiębiorców, Instytucji Otoczenia Biznesu (IOB) będą również mogły w dalszym ciągu liczyć na zapewnienie możliwości udziału (realizacji) w projektach partnerskich w ramach WRPO 2014-2020? Jednym słowem, czy znajdą się w katalogu beneficjentów (wnioskodawców)?

Liderzy inicjatyw klastrowych liczą, iż otrzymają zapewnienie możliwości udziału w 5 działaniach WRPO 2014-2020 tj.:

1.1. Wsparcie infrastruktury B+R w sektorze nauki

1.2. Wzmocnienie potencjału innowacyjnego przedsiębiorstw Wielkopolski

1.4. Internacjonalizacja gospodarki regionalnej;

Poddziałanie 1.4.1. Kompleksowe wsparcie rozwoju działalności przedsiębiorstw na rynkach zagranicznych dla przedsiębiorstw posiadających plan rozwoju eksportu;

1.5. Wzmocnienie konkurencyjności przedsiębiorstw; Poddziałanie 1.5.2

Wzmocnienie konkurencyjności kluczowych obszarów gospodarki regionu

6.5. Doskonalenie kompetencji osób pracujących i wsparcie procesów adaptacyjnych

Wg liderów inicjatyw klastrowych ważne jest, żeby udział w ww. działaniach uwzględniał koszty zarządzania projektem realizowanym w konsorcjum, który wymaga większych nakładów pracy niż projekt indywidualny. Czy istnieje możliwość, żeby projekty realizowane w większym partnerstwie były dodatkowo premiovane w ubieganiu się o środki z WRPO 2014 – 2020?

Czy dotychczasowe doświadczenia z realizacji formy wsparcia inicjatyw klastrowych, jakimi były Vouchery będą nadal kontynuowane? Liderzy ocenili tę formę wsparcia pozytywnie, głównie dzięki dogodnej formie rozliczenia i wsparciu mikro i małych przedsiębiorstw, które nie mają środków bądź aspiracji do realizacji dużych projektów B+R o wysokiej wartości.

Z dotychczasowych obserwacji wynika, iż mikro, małe, oraz średnie przedsiębiorstwa zainteresowane są pracami B+R na mniejszą skalę, które rozwiązują ich codzienne problemy. Tego typu wsparcie jest obecnie dostępne w ramach WRPO, ale problemem są zbyt duże obciążenia biurokratyczne i liczne formalności w rozliczeniu. Liderzy inicjatyw klastrowych liczą na kontynuację formy wsparcia, jaką jest voucher z zachowaniem uproszczonej procedury uzyskania i rozliczenia. Jako przykład pożądanego instrumentu finansowego środowisko klastrowe wskazało voucher na przygotowanie wniosku - budowę partnerstw i wypracowanie koncepcji dla większych projektów w konsorcjum, czy to na poziomie krajowym (np. NCBiR), europejskim (Horyzont 2020) czy WRPO.

Kolejną, bardzo istotną według liderów inicjatyw klastrowych regionu Wielkopolski zmianą w instrumentach finansowych, powinno być stworzenie równie prostej formy vouchera, tym razem na wypracowanie modelu biznesowego „usługi klastrowej”, którego w chwili obecnej inicjatywom klastrowym brakuje. Chodzi o nic innego, jak o wypracowanie i pilotażowe przetestowanie usługi lub pakietu usług, jaką inicjatywy klastrowe mogłyby świadczyć dla swoich członków, budując w ich oparciu stabilne podstawy finansowe działania.

Warto zauważyć, iż proponowane vouchery na budowę partnerstwa i przygotowania wniosku pod projekty „większej skali” oraz vouchery na wsparcie wypracowania modelu biznesowego „usługi klastrowej”, czy wreszcie zapewnienie możliwości udziału w projektach partnerskich w ramach WRPO 2014 – 2020, mogą przyczynić się, stać się bodźcami do wyłonienia (z licznie występujących w chwili obecnej inicjatyw klastrowych) Regionalnych Klastrow Kluczowych, a w konsekwencji i dłuższej perspektywie czasowej do uzyskania całkowitego samofinansowania poprzez świadczenie wyspecjalizowanych usług dla członków. W dalszej perspektywie czasowej (po 2020r.), inicjatywy klastrowe powinny świadczyć usługi komercyjne i konkurować na rynku z prywatnymi firmami. W chwili obecnej przedsiębiorcy oczekują od inicjatywy klastrowej darmowych usług, przy czym koordynatorzy nie pobierają od swoich członków żadnych, bądź naprawdę niewielkie składki. Należy zauważyć, iż opłaty członkowskie oraz partycypacja kosztowa przedsiębiorstw w działaniach inicjatyw klastrowych w znaczny sposób mogłyby przyczynić się do zweryfikowania ich rzeczywistych potrzeb i stworzenia nowych, innowacyjnych produktów czy usług.

Konieczność wyłonienia w niedługim czasie Regionalnych Klastrow Kluczowych powinno w ostateczności zmotywować środowisko klastrowe do konsolidacji i zwiększenia swojej masy krytycznej. W chwili obecnej w regionie wielkopolski istnieje od 3 do 5 inicjatyw klastrowych jednej branży, tworząc potencjał do konsolidacji.

Regionalne Klastry Kluczowe powinny być realnym partnerem dla Samorządu - reprezentatywnym głosem środowisk, który należy brać pod uwagę przy planowaniu kluczowych przedsięwzięć (kształcenie, kierunki prac badawczych, promocja zagraniczna) [Szultka, 2015].

Zdaniem Stanisława Szultki, wybór klastrow kluczowych mógłby odbywać się w formie konkursowej. Kryteriami wyboru byłyby ocena ekspercka w trzech obszarach:

- Potencjał gospodarczy w obszarze działania klastra,
- Strategia rozwoju klastra (zdefiniowane kluczowe przedsięwzięcia),
- Potencjał, reprezentatywność i sposób zorganizowania partnerstwa.

Zdaniem środowiska klastrowego regionu wielkopolski, działaniom wyłaniania Regionalnych Klastrow Kluczowych, tworzeniu i ogłaszaniu narzędzi finansowych, powinny towarzyszyć działania miękkie.

Warto wziąć pod uwagę, czy Wielkopolskie Centrum Klasteringu skupiające większość inicjatyw klastrowych regionu, nie powinno pod patronatem UM WW, bądź z nim współpracując, stworzyć i rozwinąć dedykowaną platformę rozwoju kompetencji i wymiany doświadczeń dla środowiska klastrowego Wielkopolski. Platforma ta miałaby za zadanie prowadzić działania „miękkie”, tj. networking, platformę wymiany doświadczeń, listę szkoleń dla animatorów, brokerów współpracy czy ekspertów w różnych obszarach działania przedsiębiorstwa.

Innowacyjność

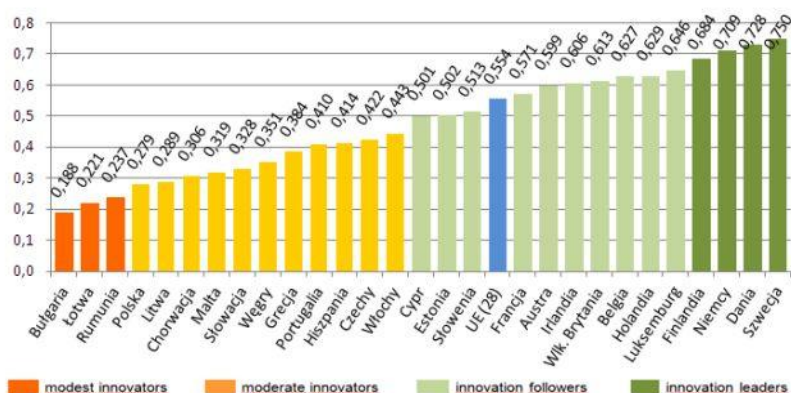
Rozważając sytuację inicjatyw klastrowych w kontekście perspektyw rozwojowych UE 2007-2013 oraz 2014-2020 nie można pominąć tematu innowacyjności, który stał się głównym czynnikiem oceny wszelkich projektów i inicjatyw. Czym tak naprawdę zatem jest

innowacja? Wg Jana Gmurczyka innowacyjność to skuteczne wdrożenie do rzeczywistości gospodarczej jakiejś nowości.

Wg niego innowacją może być zarówno opracowanie nowego produktu, jak i wprowadzenie do praktyki biznesowej nowych rozwiązań służących wzmocnieniu strategii marketingowej, usprawnieniu organizacji przedsiębiorstwa, udoskonaleniu technologii produkcji, ulepszeniu komunikacji z klientami czy zwiększeniu efektywności procesów zaopatrzeniowych.

Czym dla inicjatyw klastrowych powinna być innowacja? Z innowacjami powinien wiązać się szeroki wachlarz potencjalnych korzyści: począwszy od szansy na poprawę opłacalności prowadzonego biznesu po lepszą realizację takich celów jak troska o środowisko naturalne. Co ważne, poszukiwanie innowacji powinno dla inicjatyw klastrowych zawsze łączyć się z podejściem pragmatycznym. Można tu przytoczyć słowa Michała Kicińskiego: „Bycie innowacyjnym nie jest sztuką samą w sobie. (...) «Inaczej» musi oznaczać «lepiej»”. Inicjatywy klastrowe w pogoni za innowacyjnością nie powinny zapominać o tym oczywistym fakcie.

Jak wygląda opis statystyczny innowacyjności polskich przedsiębiorstw na tle pozostałych krajów europejskich? Według najnowszego raportu Innovation Union Scoreboard 2014 Polska osiągając syntetyczny wskaźnik innowacyjności na poziomie 0,279 znalazła się wśród krajów o umiarkowanej innowacyjności, określanej jako *moderate innovators* wyprzedzając Rumunię (0,237), Łotwę (0,221) i Bułgarię (0,188). W porównaniu z wynikami z poprzedniego roku Polska awansowała z grupy słabych innowatorów do grupy umiarkowanych innowatorów.



Rysunek 4. Potencjał innowacyjny krajów Unii Europejskiej (28)

Sumaryczny wskaźnik innowacyjności dla Polski w 2013 r. stanowił 50,5% średniego wskaźnika dla krajów UE co zadecydowało, że Polska znalazła się wśród umiarkowanych innowatorów (na ostatnim miejscu). W latach ubiegłych wskaźnik dla Polski stanowił: 53% (2008), 53% (2009), 51% (2010), 53% (2011), 49% (2012) średniego wskaźnika dla 28 krajów UE. Sumaryczne wskaźniki dla krajów UE w latach 2006-2013 wykazują wyraźny trend rosnący. Polska na tym tle prezentuje się dość stabilnie z minimalnym trendem pro-wzrostowym.

Wnioski

Mając na uwadze obecnie występujące w regionie wielkopolskim inicjatywy klastrowe, przyszłą perspektywę rozwojową Unii Europejskiej, czy temat innowacyjności, zakłada się, iż nowe uwarunkowania mogą w znacznym stopniu przyczynić się do powstania nowego ruchu klastrowego wspomagającego wyższą innowacyjność polskiej gospodarki. Organizacje klastrowe, jako struktury skupiające potencjał organizacyjny i technologiczny mogą odegrać w najbliższej perspektywie rozwojowej Unii Europejskiej 2014-2020 coraz bardziej znaczącą rolę.

Obecny program wsparcia rozwoju klastrów na lata 2014-2020 ma na celu wzmocnienie innowacyjności i konkurencyjności gospodarki regionu, wykorzystanie i wzmocnienie potencjału inicjatyw klastrowych oraz stymulowanie wykształcenia się Regionalnych Klastrow Kluczowych wg schematu Rys. 5.



Rysunek 5. Wielkopolskie inicjatywy klastrowe

Literatura

Stanisław Szultka, Instytut Badań Nad Gospodarką Rynkową, Ekosystem wsparcia inicjatyw klastrowych w województwie wielkopolskim, Panel liderów inicjatyw klastrowych, 2015.

M. Kiciński, Wiedźmin, czyli historia polskiego sukcesu, „Instytut Idei” nr 3, Instytut Obywatelski, Warszawa 2013.

Jak Gmurczyk, Instytut obywatelski, Innowacyjność polskiej gospodarki. Stan obecny i rekomendacje, Warszawa 2014.

Analizy badań inicjatyw klastrowych należących do Wielkopolskiego Centrum Klasteringu
Innovation Union Scoreboard 2014.

SPONSORZY – PAKIET ZŁOTY



Unilever



Zeelandia

SPONSORZY – PAKIET SREBRNY



SPONSORZY – PAKIET BRĄZOWY

Colian™



ISBN 978-83-7160-834-6



9 788371 608346

